

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Sähkötekniikan osasto

Juha Kuosa

CIM - SUUNNITTELUN TYÖKALUT

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä
tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkin-
toa varten Espoossa 30.4.1990.

Työn valvoja



Hans Andersin

Työn ohjaaja



Jaakko Temmes

17839

TKK SÄHKÖTEKNIIKAN
OSASTON KIRJASTO
OTAKAARI 5 A
02150 ESPOO

Tekijä ja työn nimi :

Juha Kuosa

CIM - suunnittelun työkalut

Päivämäärä : 30.4.1990

Sivumäärä : 56

Osasto :

Sähkötekniikka

Professuuri :

Aut-48

Työn valvoja :

Professori Hans Andersin

Työn ohjaaja :

DI Jaakko Temmes NOKIA Tutkimuskeskus

Diplomityössä tarkastellaan CIM:ä, sen suunnittelua, suunnittelun apuvälineitä sekä raportoidaan apuväline, joka on kehitetty osa-alueelle, joka tulee vastaan CIM:ä suunniteltaessa.

CIM:ä käsitellään käsitteenä, ja sen käsittelyn yhteydessä esitellään CIM:iin liittyviä periaatteita ja selvittäviä luokitteluita.

CIM - suunnittelu jaetaan kahteen vaiheeseen, joita kumpaakin tarkastellaan erikseen. Tavoitteena on selvittää käsitteen sisältö selkeästi ja ohjeellisesti.

Suunnittelun apuvälineiden esittely jakautuu kahteen osaan: markkinoilla olevien ja kehitetyn uuden apuvälineen esittelyyn.

Lopputuloksena esitellään kehitysprojektin kokemuksia ja tuloksia.

HAKUSANAT: CIM, suunnittelun apuvälineet, DAFNE, RAMS, IDEF, CIM3000, C-BAT, valmistusstrategia ja CIM - suunnittelu.


ALKULAUSE

Tämä diplomityö on tehty NOKIA Tutkimuskeskuksessa pääosin vuoden 1989 aikana. Työhön kuuluu kirjallisuustutkimusosa ja käytännön osa, jona on tehty työn aihepiiriin kuuluva laskentamalli ja sen toteutus taulukkolaskennalla.

Erityiset kiitokset haluan osoittaa NOKIA elektroniikkateollisuudelle, joka teki mahdolliseksi työn käytännön osan suorittamisen. Varsinaisena henkireikänä ja työn edistymisen takaaajana on toiminut työni ohjaaja DI Jaakko Temmes. Suurkiitokset Jaakko Temmekselle.

Työn edistyessä ovat myötävaikuttaneet myös lukuisat muut henkilöt (kotiväki, kaverit ja tutut), joille esitän kiitokset tuesta ja kannustuksesta.

Espoossa 30.4.1990



Juha Kuosa

SISÄLLYSLUETTELO

Diplomityön tiivistelmä

Alkulause

Sisällysluettelo

1	Johdanto	
1.1	Taustaa	1
1.2	Aiheen kuvaus ja laajuus	1
2	CIM	
2.1	CIM käsitteenä	3
2.2	Yksinkertaista-automatisoi-integro	3
2.3	Suunnittelu- ja toteutusperiaate	4
2.4	Automaatiossaarekkeet	6
2.5	Suunnittelun riskit	7
2.6	Integroinnin tasot	8
2.6.1	Taso 1 - itsenäinen	9
2.6.2	Taso 2 - solu	9
2.6.3	Taso 3 - yhdistetyt saarekkeet	11
2.6.4	Taso 4 - kokonaan integroitu	11
2.7	Transparent factory	11
3	CIM-suunnittelu	
3.1	CIM-strategia	15
3.2	CIM-toteutus	16
4	CIM-suunnittelun työkalut	
4.1	Suunnittelumenetelmät	17
4.1.1	DAFNE	17
4.1.2	RAMS	20
4.1.3	IDEF	21
4.1.4	CIM3000	23
4.1.5	C-BAT	25
4.2	Suunnittelun ohjelmistot	30
4.2.1	C-BAT	30
4.2.2	Simulointi	33

5	Case: Tuotekustannuslaskenta strategisessa valmistuksen päätöksenteossa	
5.1	Peruskäsitteitä	38
5.2	Laskentamenetelmät	41
5.3	Valmistusstrategialaskentamalli	42
5.3.1	Lähtötilanne	42
5.3.2	Mallin sisältö	44
5.3.3	Mallin toteutus	51
5.3.4	Mallin käyttökohteet	51
6	Johtopäätökset	54
	Lähdeluettelo	56
	LIITE 1 kpl	

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Yritysten välinen kansainvälinen kilpailu on nykyään hyvin runsasta ja kovaa. Tarvitaan jatkuvasti ratkaisuja, jotka lisäävät kilpailukykyä ja yrityksen mahdollisuuksia selviytyä nykyään ja tulevaisuudessa.

Eräänä kilpailukykyä lisäävänä tekijänä nähdään CIM ja sen soveltaminen yrityksessä. Koska CIM on osin vasta ajatusten ja teorian tasolla, tarvitaan uutta kehitystyötä CIM:n ja sen soveltamisen alueilla.

Eräs CIM:n selkeä kehityskohde on sen suunnittelu ja suunnittelua tukevat menetelmät, ohjelmistot jne. eli CIM-suunnittelun työkalut. Kyseessä on joiltain osin olemassa olevien työkalujen soveltuvuuden tutkiminen ja toisilta osin uusien kehittäminen.

1.2 Aiheen kuvaus ja laajuus

Valittu aihe on uusi ja siten hyvin vähän tutkittu. Aiheen käsittely on jaettu selkeästi kirjallisuustutkimusosaan sekä uuden CIM-suunnittelun työkalun kehittämiseen. Käsittelyssä ei paneuduta kovinkaan syvällisesti varsinaisen suunnittelun määrittämiseen vaan keskitytään työkaluihin ja niiden selvittämiseen. CIM-käsitettä ja siihen liittyviä asioita tarkastellan hieman teoreettisemmalta kannalta kuin varsinaista työkaluosaa, joka koostuu siis kirjallisuudesta löydettyjen soveltuvien työkalujen kuvaukseen ja uuden kehitetyn työkalun periaatteiden selvittämiseen.

Kehitettäväksi työkaluksi valittiin idea yksikkökustannukset selvittävästä mallintajasta, koska tällaiselle oli olemassa selkeätä tarvetta ja sen antama tuki CIM-suunnitelmia tehtäessä on aivan ilmeinen.

Näin voitiin varmistua siitä, että saataisiin kehitettyä uusi CIM-suunnittelun työkalu, joksi mallintajaa voidaan kutsua.

Tarkasteltaviksi työkaluiksi valittiin siis esimerkkejä eri tyyppisistä CIM-suunnittelun työkaluista. Muut selkeät rajaukset tehtiin mallintajaa suunniteltaessa, jolloin oli tärkeätä varmistua selkeistä lopputuloksista eli siitä, että mallintaja todellakin antaa vastauksia ja on kehitettävissä työlle varatussa ajassa.

2 CIM

2.1 CIM käsitteenä

CIM on käsitteenä hyvin vaikea, hieman abstrakti, monella tavalla tulkittava ja vaikeasti rajattava. Käsitteestä on esiintynyt monenlaisia määritelmiä, joista seuraavassa oma henkilökohtainen tulkintani muutamien tarkentavin lausein.

CIM näkökulmia:

- yrityksen tietotekninen taso
- toiminnan oleellinen osa
- uuden nykyaikaisen tekniikan ja ratkaisujen soveltamista
- ajattelutapa, jolla yritystä on mahdollista johtaa
- uusia markkinoita
- kehityssuunnitelma
- yksilöllinen ratkaisu
- synergiaa tukeva pitkäaikainen kokonaisratkaisu
- strateginen päätös.

CIM käsitteenä liittyy hyvin oleellisesti yrityksen toimintaan ja sen menestymisen mahdollisuuksiin kiristyvässä kansainvälisessä kilpailussa. Käsitteen rajausongelma on ratkaistu tässä työssä siten, että käsite kattaa kaikki yrityksen merkittävät toiminnot ja organisaation osat. CIM voi olla määriteltynä myöskin suhteissa ulkoisiin sidosryhmiin, kuten alihankkijat, mutta jää tällä kertaa tarkastelun ulkopuolelle.

2.2 Yksinkertaista-automatisoi-integroi

Kyseessä on suunnittelun yleisperiaate, joka kertoo suunnittelun kriteerit tärkeysjärjestyksessä. Yksinkertaistaminen on ensimmäinen luonnollinen suunnittelun vaihe. Yksinkertaistettaessa pyritään löytämään mahdollisimman selkeä ja yksinkertainen tuotantoprosessi, jotta ei tehtäisi turhaa työtä

automatisoinnin yhteydessä. Yksinkertaistuskriteeri soveltuu hyvin myöskin perinteisten järjestelmien suunnitteluun.

Yksinkertaistuksen jälkeen tulee suunnitella automatisointi, jonka tarkoituksena on löytää riittävän automaattinen tuotantoprosessin toteutus, jotta päästään integroimaan tuotantoa. Manuaalisen tuotannon integroinnilla ei ole saatavissa automaattista vastaavaa hyötyä.

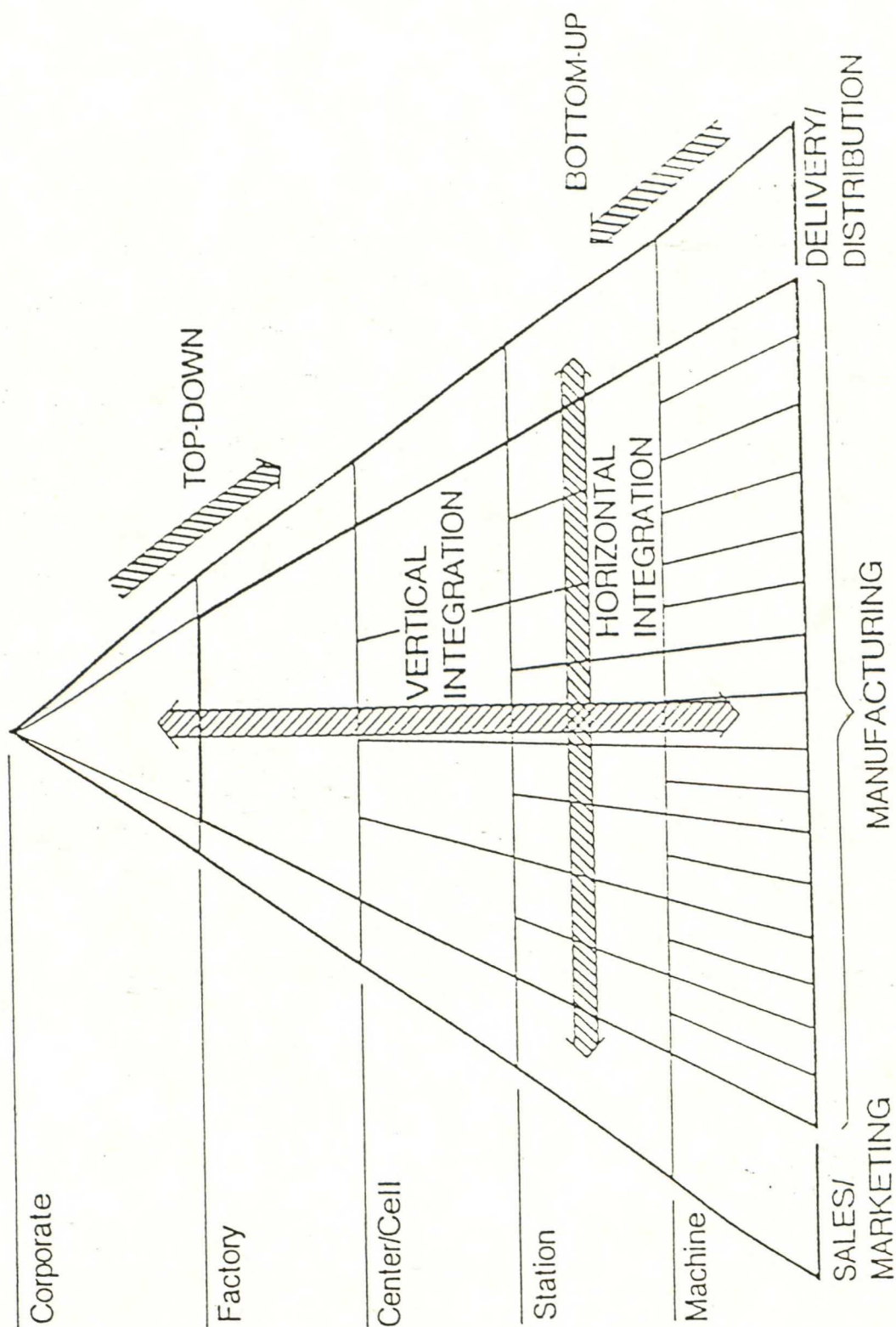
Integrointi on CIM:n kannalta mielenkiintoinen työvaihe, vaikkakin hyvin vaikea toteuttaa. Integroinnissa huomioidaan suuret kokonaisuudet ja pyritään niitä yhdistelemällä pääsemään parempaan lopputulokseen kuin pelkästään sokeasti automatisoimalla. Automatisoinnissa ajaututaan helposti tilaan, jossa syntyy automaattiosaa rekkeiden ongelmia, kuten tiedonsiirto- ja materiaalivirta-ongelmat. Integrointi koskee siis sekä tieto- että materiaalivirtoja.

Periaatteesta on esiintynyt myöskin laajennettu versio, jonka mukaan integroinnin tulokset tulee vielä optimoida. Optimoinnilla saavutetaan kustannuksiltaan ja toiminnoiltaan kannattavampi toteutus. Tilanne, joka on aivan selkeästi toivottava uudistuksia tehtäessä ja kilpailukykyä parannettaessa ja/tai laatua parannettaessa.

2.3 Suunnittelu- ja toteutusperiaate

Suunnittelussa käytetään iteratiivista periaatetta suunnittele ylhäältä-alas, toteuta alhaalta-ylös (kuva 1). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että täytyy suunnitella riittävän suuret kokonaisuudet aluksi ja siirtyä toteutustasolla alhaalta-ylös päin suunnitteluun. Koska kokonaissuunnitelman laatiminen on hyvin vaikeata, päädytään hyvin usein tilanteeseen, jossa joudutaan välillä suunnittelemaan toteutusta, jotta voitaisiin

CIM IMPLEMENTATION



Source: SRI International

Kuva 1: CIM:n suunnitteluperiaatteet

suunnitella kunnollinen kokonaisuus. Suunnittelu saa tällöin helposti iteratiivisen luonteen.

Suunnittelemalla kokonaisuudet ensiksi pyritään suunnitelman riittävään laajuuteen, kun taas alhaalta alkavalla toteutuksella pyritään suunnitelmien onnistuneeseen toteutukseen, joka ei onnistu mitenkään muuten kuin aloittamalla alhaalta eli todellisesta fyysisestä toteutuksesta. Tällä tavalla taataan toteutuksen aukoton onnistuminen.

Toinen kannatusta saanut suunnitteluperiaate on suunnittelu siten, että suunnitellaan aluksi osa toteutusta ns. infrastruktuuri ja siirrytään sen jälkeen iteratiiviseen ylhäältä-alas suunnitteluun ja alhaalta-ylös toteutukseen. Infrastruktuurilla tarkoitetaan perusrakennetta, joka luodaan yritykseen uuden teknologian soveltamisen pohjaksi. Struktuurin rakenne voi olla rakenteellisia, toiminnallisia, organisatorisia ja tietoteknisiä ratkaisuja, jotka ovat kaikille välttämättömiä.

2.4 Automaatiosaarekkeet

Automaation alkaessa saapua markkinoille syntyi yksilöllisiä ratkaisuja, joita voidaan kutsua automaatiosaarekkeiksi. Kyseessä saattaa olla vaikkapa yksittäisen NC-koneen hankinta, joka automatisoi työvaiheen, mutta ei pidä sisällään kytkentöjä mihinkään muuhun järjestelmään. Kun näitä kytkemättömiä saarekkeitä syntyy useampia, aletaan niitä sanoa automaatiosaarekkeiksi.

Saarekkeet tuovat ratkaisun ongelmaan kussakin yksittäisessä tapauksessa. Hyödyntämättä jäävät kokonaan tiedonsiirtomahdollisuudet, jotka ovat mahdollisesti olemassa yhteisten tietojen muodossa. Saarekkeellisessa tilanteessa tiedonsiirto tapahtuu puhtaasti ylimääräistä työtä teettävinä konversioina.

Ongelman ratkaisuksi tarjotaan integrointia sopivasti saarekkeita yhdistämällä siten, että tiedot liikkuvat rajapintojen välillä.

2.5 Suunnittelun riskit

CIM:ä suunniteltaessa ovat hasteena luonnollisestikin riskit, jotka liittyvät kaikkeen uuden luomiseen ja toteuttamiseen. Riskeistä on olemassa kokemusperäistä tietoa, jonka perusteella yritykset voidaan jakaa neljään eri ryhmään /1/:

- 1) Puhujat
- 2) Hitaat edistyjät
- 3) Menestyjät
- 4) Epäonnistuneet yrittäjät

Kunkin ryhmän tyypillisistä piirteistä on pääteltävissä suunnitelman riskin suuruus, joka saadaan selville vertaamalla suunnitelman toteutusta edellä mainittujen ryhmien suunnitelmien yhteisiin piirteisiin.

Puhujat puhuvat teknologian uudistamisesta, mutta eivät tee mitää asioiden korjaamiseksi. Yrityksellä saattaa olla teknologiajohtaja, joka ei kuitenkaan uudista yritystään, koska on vaikeata perustella vanhoin perustein yrityksen uudistamista. Joillakin saattaa olla jopa luovutushenkeä. Myös yrityksen traditiot jarruttavat myönteistä uudistumiskehitystä.

Hitaat edistyjät kokeilevat uutta teknologiaa ja tekevät uudistuksia yrityksessään. Heillä saattaa olla sopeutumisvaikeuksia, konservatiivisuutta, varovaisuutta tai epäonnistumisen pelkoa, jotka kaikki johtavat varsinaista menestystä hitaampaan kehitykseen. Uudistuksien edessä saattaa olla jopa lievä epäonnistuminen.

Menestyjät ovat niitä, jotka keräävät suurimman hyödyn kaikesta uudesta, ja saavuttavat näin tehdessään selvää kilpailuetua kilpailijoihinsa nähden. Menestyjille on tyypillistä:

- käytetty tekniikka koeteltua
- sovellusonni eli ennalta odottamattomat edut
- joustavat organisaatiot
- kokonaissuunnitelman laatiminen
- kaikkien menestyksen avaintekijöiden innokas mukanaolo alusta alkaen
- championin mukanaolo lisää menestymisen mahdollisuutta
- käytössä on ollut riittävästi pääomaa
- johto on sitoutunut investoimaan uudistuksiin
- yritystä on johdettu agressiivisesti.

Epäonnistuneet yrittäjät puolestaan ovat yrityksiä, joilla on ollut mahdollisuus yrittää suurta menestystä, mutta ovat jostain syystä epäonnistuneet yrityksessään. Yrityksille on tyypillistä mm. seuraavat piirteet:

- varastojen liian suuri kasvu
- epäsojivien ohjelmistopakettien valinta
- alhaiset käyttöasteet
- väärin perustein tehty automatisointi
- sovelletaan teknologiaa ajattelematta todellisia ongelmia
- myyjät ovat harhauttaneet
- ei investoida tulevaisuuden ratkaisuihin vaan jo olemassa oleviin
- yritetään uudistua pelkästään korkean yrityskuvan takia.

2.6. Integroinnin tasot

Yrityksen integraation tasoa voidaan kuvata neljällä eri tasolla /2/, jotka ovat itsenäinen, solu,

yhdistetyt saarekkeet ja neljäs integroitu. Nämä tasot kuvaavat integraation edistyksellisyyttä ja samalla yrityksen toiminnan kehittyneisyyttä. Maailmanlaajuinen tilanne on sellainen, että valtaosa yrityksistä on tasoilla yksi ja kaksi (kuva 2).

2.6.1 Taso 1 - itsenäinen

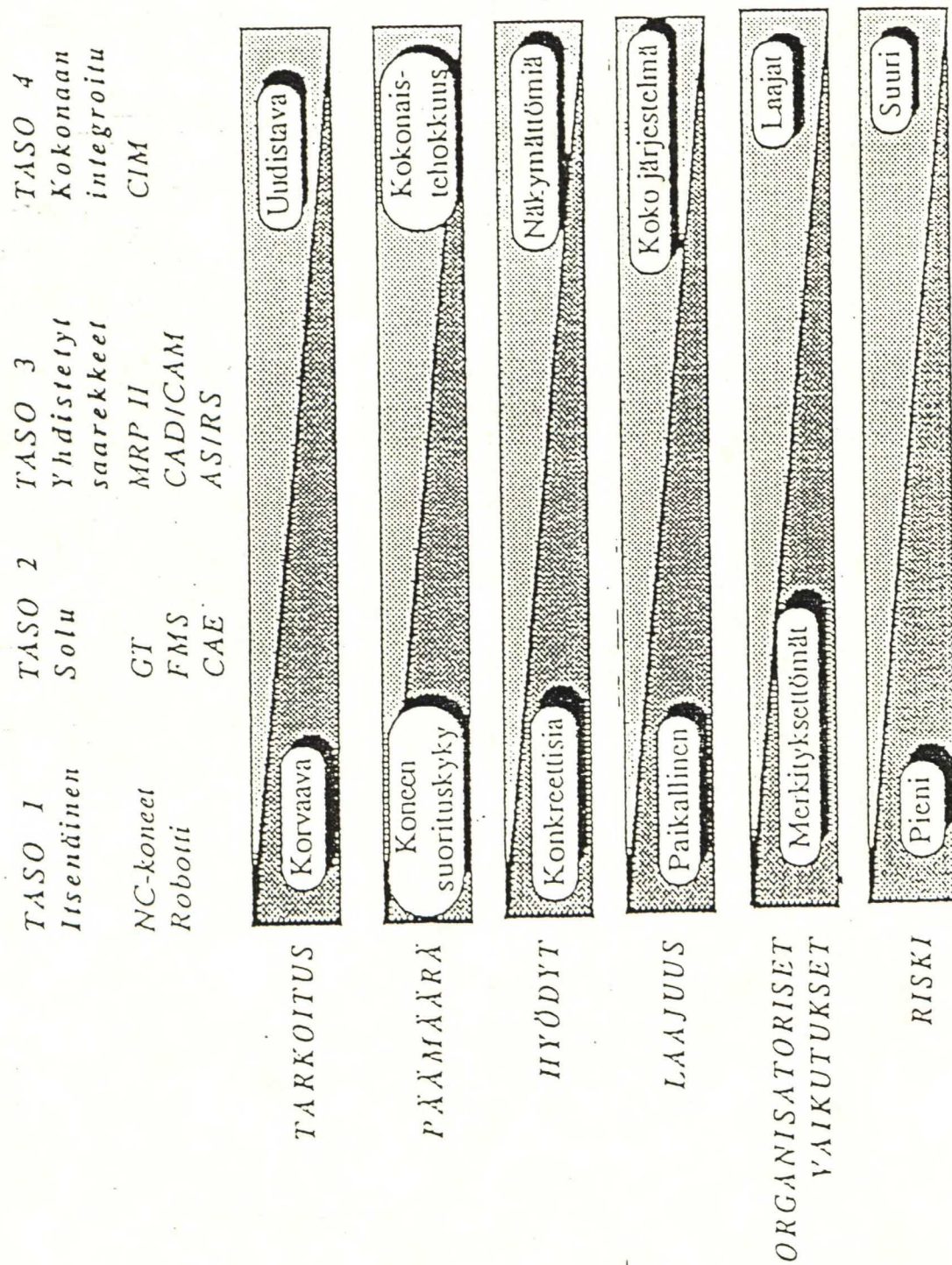
Itsenäisen tason laitteistot on tyypillisesti ohjattu omilla tietokoneilla tai ohjelmoitavilla logiikoilla. Tyypillistä on rajoitettu ja hyvin paikallinen informaation tarve. Esimerkkejä tämän kategorian laitteistoista ovat NC-koneet, robotit, kuljettimet ja kuljetinjärjestelmät.

Laitteet ovat hyvin itsenäisiä ja niiden kommunikointi ympäristönsä kanssa on tarpeetonta tehtävän suorittamiseksi. Tyypiltään nämä investoinnit ovat korvaavia ja joitakin tuotannon tunnuslukuja kohottavia (esim. laatu, joustavuus).

2.6.2 Taso 2 - solu

Solutaso edustaa integraation asteeltaan korkeampaa tasoa. Laitteistot koostuvat useista yksittäisistä laitteista, joista on rakennettu solu, joka pystyy tekemään useita erilaisia työvaiheita esimerkiksi yhdelle tuoteperheelle. Esimerkkinä voisi mainita vaikkapa FM-järjestelmät.

Solujen tarkoituksena on parantaa tuotantoa, sen läpäisyäikää, kapasiteettia ja tuotevalikoimaa. Laitteistot kommunikoivat huomattavasti enemmän keskenään kuin itsenäisellä tasolla.



Kuva 2: Integroinnin tasojen ominaisuuksia

2.6.3 Taso 3 - yhdistetyt saarekkeet

Kolmannella tasolla joitakin soluja tai automaattiosaarekkeita tasolta kaksi on yhdistetty yleensä tietokoneverkon avulla yhdistetyiksi saarekkeiksi. Esimerkkeinä tällaisista saarekkeista ovat CAD/CAM-integrointi, jossa CAM saa verkon välityksellä tietoa CAD:ltä tai MRP II-järjestelmä, joka yhdistää suuren kokonaisuuden toimintoja yhdeksi kokonaisuudeksi.

Saarekkeiden sisällä tapahtuu runsaasti tiedonvaihtoa ja saarekkeet ovat vaikutuksiltaan hyvin laajoja. Yrityksen organisaatioon saattaa tulla muutoksia ja kilpailukyky saattaa parantua selvästi.

2.6.4 Taso 4 - kokonaan integroitu

Kokonaan integroitu järjestelmä on sellainen, jossa on yhdistetty kaikki toiminnot. Tällaista toteutusta kutsutaan nykyään CIM:ksi tai CIE:ksi riippuen käsitteiden laajuudesta. Järjestelmän osat keskustelevat toistensa kanssa tietojenvaihdon ollessa vilkasta. Tällaisesta kokonaan integroidusta järjestelmästä voidaan tehdä todellinen yrityksen kilpailuase, jolla voitetaan muut kilpailevat yritykset.

2.7 Transparent factory

Läpinäkyvä tehdas (Transparent factory) /1/ on ajatus, jota on hyvin vaikeata sivuuttaa CIM:ä käsiteltäessä. Tehtaan tavoiteasetanta on sellainen, että läpinäkyvää tehdasta voidaan pitää CIM-tehtaan eräänlaisena määritelmänä. CIM-tehtaan perusajatuksena on olla mahdollisimman nykyaikainen ja tehokas tuotantoyksikkö, joka pystyy joustavaan markkinat huomioivaan tuotantoon. Läpinäkyvän tehtaan ajatuksen on esittänyt ensimmäisenä amerikkalainen professori Joel D. Goldhar.

Läpinäkyvällä CIM-tehtaalla on seuraavia ominaisuuksia:

- vähän rajoituksia tuotesuunnittelulla
- ei taloudellisia rajoituksia tuotteiden elinkaaren pidentämiseen
- ei epätarkkuuksia, eikä peukalosääntöjä
- joustava tuotantoprosessi
- asetus aika = 0
- välivarastot = 0
- hukkatyö = 0
- muuttuvat kustannukset = 0 (vain materiaali ja erikoistyökalut).

Läpinäkyvän tehtaan ominaisuudet kertovat selvästikin siitä, että ajatus on teoreettinen ja ideaalinen, mutta kuitenkin tavoittelemisen arvoinen kohtuullisilla sallituilla poikkeamilla ihannetilasta. Tavoitteet ovat kaikki tuotannon kustannuksia lisääviä oleellisia tunnuslukuja, joita pyritään minimoimaan nykyaikaisessa tehtaassa.

3 CIM-suunnittelu

Mitä on CIM-suunnittelu, mihin CIM-suunnittelulla pyritään? Miten CIM-suunnitellaan? Miten CIM-suunnittelu etenee? Mihin CIM-suunnittelu pyrkii vastaamaan? Ketkä osallistuvat suunnitteluun? Kaikki kysymyksiä, joihin pyritään vastaamaan seuraavassa.

CIM-suunnittelu tarkoittaa sekä strategian luontia että varsinaista toteutusta. Strategialla tarkoitetaan sitä, mitä suunnitellaan ja mikä on suunnittelun aikajänne ja toteutuksella sitä, mitä toteutetaan ja miten se toteutetaan.

Tavoitteena on suunnitella CIM:ä erilaisia tarkoitukseen soveltuvia menetelmiä, periaatteita ja työkaluja käyttäen. Menetelmät auttavat suunnittelun toteutusta, periaatteet ohjaavat ja työkalut ovat menetelmiä ja ohjelmistoja, jotka tukevat suunnittelua.

Suunnittelulle voidaan asettaa erilaisia kriteereitä, joiden perusteella suunnittelun hyvyttä voidaan arvioida. Voidaan myös suunnitella kriteereitä, joiden avulla voidaan arvioida muitakin asioita kuin hyvyttä, esimerkiksi suunnittelun etenemistä. Pyrkimyksenä on arvioida suunnittelua ja esittää näin suunnittelua henkilöille, jotka eivät tunne varsinaisia suunnittelun vaiheita tai varsinaista suunnitelmaa.

Suunnittelua tehtäessä tulee kysymykseen suunnitelman laajuus ja tarkkuus, jota voi kutsua myös suunnitelman syvällisyydeksi. Laajuudella ymmärretään selkeästäkin sitä, kuinka tarkasti suunniteltavat kohdat määrällisesti tehdään. Tarkkuudella puolestaan tarkoitetaan sitä, kuinka tarkasti tai syvällisesti kukin suunnittelukohta suunnitellaan. Syvällisyyden arvioiminen on hyvin vaikeata, mutta ei täysin mahdotonta.

CIM-suunnitelma on laajuudeltaan ja pituudeltaan

sitä luokkaa, että tulee kysymykseen suunnitelman joustavuus. Joustavuudella tarkoitetaan tässä suunnitelman muutettavuutta kesken suunnitelman toteutuskauden. Markkinoilla tapahtuvat muutokset saattavat aiheuttaa suunnitelman vanhenemista joiltakin osin tai jopa kokonaan. Tällaisessa tilanteessa suunnitelman tulisi olla riittävän joustava, jotta suunnitelman alkuosaan tehdyt investoinnit eivät menisi hukkaan vaan ne tulisivat hyödynnetyiksi suunnitelman muuttuvan loppuosankin kohdalla.

Joustavuutta voidaan lisätä suunnitelmaan laatimalla suunnitelmalle kriteerit, joiden mukaan suunnitelma tulisi laatia. Oikein ja sopivasti valitut suunnittelukriteerit takaavat suunnitelmalle ainakin osittaisen joustavuuden ja näin ollen suunnitelman investointien arvon ja yrityksen kilpailuaseman säilymisen. Kriteereitä ovat mm. seuraavat:

- sitoutuminen laajasti hyväksyttyihin standardeihin
- suunnitelman soveltuvuus erilaisiin tilanteisiin
- järjestelmien avoimuus
- teknisesti edistyneiden ratkaisujen valinta.

Sitoutuminen laajasti hyväksyttyihin standardeihin tarkoittaa laite- ja ohjelmistotoimittajien kansainvälisesti hyväksyttyjen standardien vaatimista järjestemien toteutuksessa. Soveltuvuus erilaisiin tilanteisiin puolestaan perustuu siihen tosiasiaan, että tuotannolliset tai toiminnalliset tilanteet saattavat muuttua vuosien varrella ja näihin tilanteisiin tulee pystyä mukautumaan mahdollisimman hyvin. Järjestelmän avoimuudella tarkoitetaan järjestelmän kykyä laajentua eli kykyä uusien laajennusten liitettävyyteen. Teknisesti edistyneiden ratkaisujen valinta takaa järjestelmän kilpailuasemaa säilyttävien ratkaisujen arvon säilymisen vaikka markkinoilla tapahtuisikin pieniä muutoksia.

3.1 CIM-strategia

CIM-strategia on suunnittelun alkuosa, joka toteutetaan perinteisillä systeemianalyysistä tutuilla vaiheilla, jotka ovat seuraavat:

- 1) Nykyjärjestelmän tutkiminen
- 2) Tavoitteiden asettaminen uudelle systeemille
- 3) Uuden systeemin hahmottaminen
- 4) Toteutussuunnitelman laadinta

Nykyjärjestelmän tutkimisella tarkoitetaan nykyisen tilanteen selvittämistä, jolla pyritään saamaan mahdollisimman selkeä kuva yrityksen sen hetkisestä tilasta. Raporttina voi syntyä mm. SWOT-analyysi.

Tavoitteidenasetanta pyrkii esittämään uuden järjestelmän tavoitteet eli tilan, joka halutaan saavuttaa, jotta päästäisiin tavoitetunlaiseen tilanteeseen. Tavoitteista on selkeätä huomata, että ne eivät saa olla epämääräisiä, vaan niiden tulee olla konkreettisia tuloksiin pyrkiviä.

Kolmas vaihe pyrkii kertomaan sen, miten tavoitteisiin päästään varsinaisen suunnitelman muodossa. Kyseistä visiota voidaan käyttää suunnittelun johtamisvälineenä. Konkretisoituna kyseessä voisi olla vaikka suunnitelman osa, jolle voidaan esittää seuraavanlaisia kysymyksiä: minkälainen on yritys tulevaisuudessa, miten se kilpailee markkinoilla, miten se toimii, minkälaisia laitteita ja järjestelmiä siinä käytetään.

Vaiheessa neljä käydään suunnitelma tarkemmin läpi ja laaditaan lopullinen struktuuri, jolla CIM toteutetaan. Kyseeseen tulevat vaikka tietokannat tai tietoliikennesovellukset, joilla pyritään integroituun tiedonsiirtoon.

Strategian laatimisessa tulee helposti eteen

kysymys siitä, kuka strategian laatii ja millaisella kokoonpanolla laatimista seurataan. Suunnitelman laatimisessa kannattaa käyttää kaikkia mahdollisesti asiasta kiinnostuneita asiantuntijoita ja erityisesti johtajia, koska heidän sitoutuminen jo projektin kuluessa varmistaa asian etenemisen loppuvaiheessa. Varsinaisen projektiryhmän lisäksi on hyvä käyttää valvovaa komiteaa, jonka tehtävänä on seurata projektin etenemistä raporttien muodossa.

3.2 CIM-toteutus

CIM-toteutus on jatkoa CIM-strategian luonnille. Kun strategia saadaan luoduksi, tulee eteen toteutusvaihe, joka on CIM-suunnittelun jälkimmäinen osa. Toteutusvaihe tulee suorittaa erityistä huolellisuutta noudattaen. Etenemistä seurataan ja poikkeamat strategian mukaiseen suunnitelmaan raportoidaan, jotta voitaisiin myöhemmissä vaiheissa välttyä virheiltä. Toteutusvaiheeseen kuuluu myös koulutus, jota uusien ratkaisumallien mukanaantumat uutuudet vaativat.

4 CIM-suunnittelun työkalut

4.1 Suunnittelumenetelmät

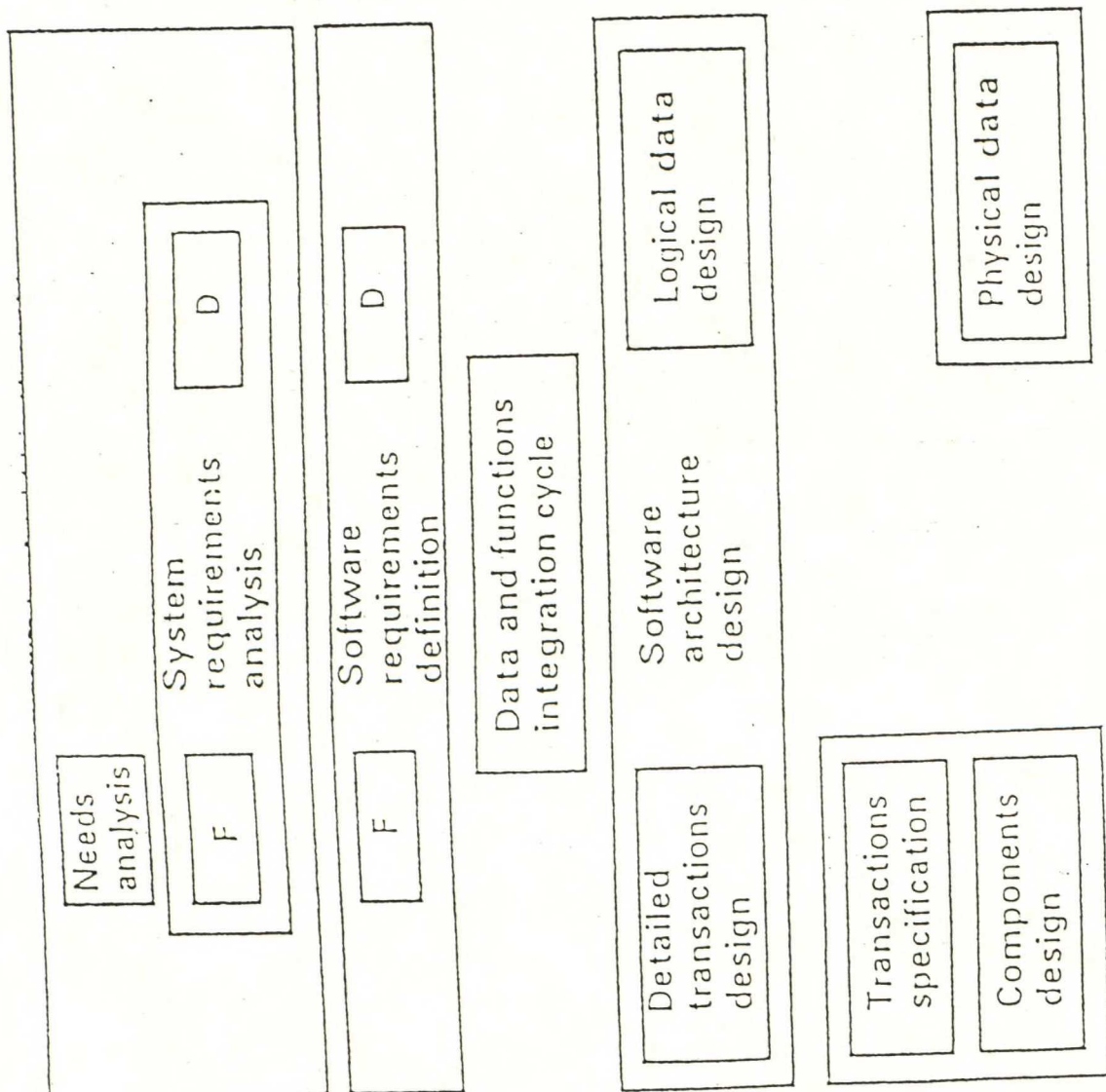
CIM-suunnittelu tarvitsee luonnollisestikin avukseen erilaisia menetelmiä ja niiden tietokonesovelluksia sekä myöskin puhtaasti tietokonepohjaisia sovelluksia. Kaikkien apuvälineiden tarkoituksena on helpottaa suunnitteluprosessia ja tarjota näin selkeätä apua todellisen tehokkaan, kustannuksiltaan edullisen, teknisesti pitkäikäisen ja varman ratkaisun löytämiseksi. Apuvälineet auttavat myös tiedonsiirrossa järjestelmän ja käyttäjien välillä. Näin saadaan järjestelmä tehokkaampaan käyttöön. Seuraavissa luvuissa perehdytään tarkemmin muutamiin valikoituihin työkaluihin. On syytä muistaa, että työkalu voi olla luonteeltaan sekä menetelmä, ohjelma että malli. Kaikilla edellä mainituilla on joka tapauksessa sama avustava päämäärä.

4.1.1 DAFNE

DAFNE (Data And Functions NETworking) /3/ on vuonna 1982 rekisteröity tavaramerkki, jonka ovat kehittäneet Italsiel S.p.A. ja C.N.R. Italy. Kyseessä on analyysi- ja suunnittelumenetelmä, joka käyttää hyväksi yleisesti tunnettuja ER-kaavioita ja SA-analyysiiä.

Menetelmä on monivaiheinen ja pitää sisällään 5 varsinaista vaihetta ja yhden siirtymävaiheen (kuva 3). Ensin suoritetaan perusteellinen kaksivaiheinen analyysi, jota seuraa siirtymävaihe kolmivaiheiseen suunnitteluosaan. Suunnitteluosa pitää sisällään yhden itsenäisen ja kaksi keskenään rinnakkain tehtävää vaihetta, joihin menetelmän käyttäminen loppuu. Vaiheiden keskinäinen järjestys selviää kuvasta 3.

DAFNE-menetelmän analyysiosan ensimmäinen vaihe pitää sisällään tarveanalyysin ja järjestelmän



Kuva 3: DAFNE-menetelmän vaiheet

funktioiden ja datan systeemivaatimusanalyysin. Tarveanalyysin tarkoituksena on saavuttaa ymmärrys analysoitavasta järjestelmästä järjestelmän tavoitteiden ja järjestelmän ulkoisten kytkentöjen sekä järjestelmän sisäisen organisaation avulla. Systeemivaatimusanalyysillä on kaksi selkeää tavoitetta, joilla pyritään analysoimaan järjestelmän toiminnalliset vaatimukset ja huomioimaan kaikki järjestelmään liittyvät tiedot.

Anayysisosan toinen vaihe, ohjelmistovaatimusmäärittely on päätöksentekoprosessi, jonka tavoitteena on määritellä ohjelmistot, jotka pystyvät täyttämään järjestelmän tarpeet ja tekniset rajoitukset.

Analyysiosasta siirrytään suunnitteluosaan siirtymävaiheella, jota kutsutaan tiedon ja toimintojen integraatiokierrokseksi. Kyseessä on menetelmän vaihe, joka on iteratiivinen ja jäljitettävä prosessi. Iteraatio tapahtuu siten, että transaktioiden ja datan funktionaalisen kuvauksen peräkkäisiä versioita päivitetään uusilla rajoituksilla ja verrataan tuloksia alkuperäisiin tuloksiin.

Suunnitteluosassa suunnitellaan ensimmäisessä vaiheessa ohjelmistoarkkitehtuuri, joka sisältää yksityiskohtaisen transaktiosuunnittelun ja loogisen datasuunnittelun. Toinen ja kolmas vaihe ovat rinnakkaisia vaiheita, joissa suunnitellaan komponentit ja fyysiset datat ja spesifioidaan transaktiot.

DAFNE-menetelmän tuloksena syntyy useita erilaisia kuvauksia, joita ovat mm. seuraavat:

- 1) Ympäristömalli (hierarkinen)
- 2) Organisaatiomalli
- 3) Makrofunktioiden loogiset polut
- 4) Analyysimatriisi
- 5) Aktiviteettimalli
- 6) Makrofunktioden mallit
- 7) CIM-systeemimalli

8) CIM-datan näkökulmat (lokaalinen ja globaalinen)

4.1.2 RAMS

RAMS /4/ on DEC:n kehittämä analyysimenetelmä, joka käyttää hyväkseen suomalaisen Kare Saaren-Seppälän kehittämää seinätaulutekniikkaa. Menetelmä etsii mahdollisuudet ja ongelmat ja määrittelee ratkaisut niille. RAMS on ryhmätyöskentelyä, jossa työskentelevät yhteistyössä asiakkaat, ATK-asiantuntijat ja konsultit. Analyysissä on viisi loogisesti toisiaan seuraavaa vaihetta. Seinätaulutekniikan käyttäminen parantaa joustavuutta, luovuutta, visuaalisuutta, parantaa tiedonkulkua ja helpottaa yhteisen käsityksen muodostamista ongelmista, mahdollisuuksista, tavoitteista ja ratkaisuista.

Vaiheessa yksi selvitetään ja suunnitellaan tavoitteet. Tavoitteina ovat odotetut tulokset, joiden saavuttamiseksi ajoitetaan ja määritellään käytettävissä olevat resurssit.

Vaihe kaksi on makroskooppista analyysia, joka tehdään seinätaulutekniikalla. Aluksi valitaan analyysin kohteet (osastot, aktiviteetit ja valmiit sovellukset), jotka otetaan mukaan. Kohteet sijoitetaan seinätaulun diagonaalille. Diagonaalin kohteiden välillä olevat tieto-, materiaali- ja rahavirrat havainnollistetaan ja tarkemman analyysin kohteet kehystetään.

Vaihe kolme kuvaa mikroskooppisen näkemyksen saavat tarkemmin valikoidut kohteet, joista analysoidaan tavoitteet, prosessit ja tehtävät sekä liittyvät tietotarpeet. Analyysia tehtäessä käytetään hyväksi aitoja tietolähteitä, kuten kaavakkeet, raportit ja käyttöliittymät. Vaiheessa yritetään etsiä parannusehdotuksia todellisiin ongelmiin ja haetaan katkokset prosessien väliltä. Analyysin lopputuloksena syntyy PIE-kaavio (ongelmat, aiheet ja odotukset), joka määrittelee tavoitteet ratkaisulle.

Ratkaisun suunnittelu tapahtuu vaiheessa neljä, jonka pohjana on kolmosvaiheessa laadittu PIE-kaavio. Tässä vaiheessa haetaan ratkaisuideoita, jotka vastaavat edellisessä vaiheessa asetettuja tavoitteita.

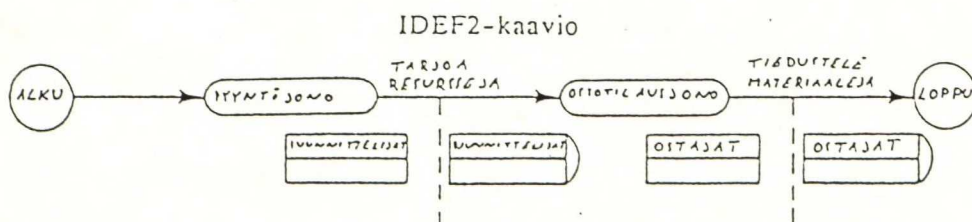
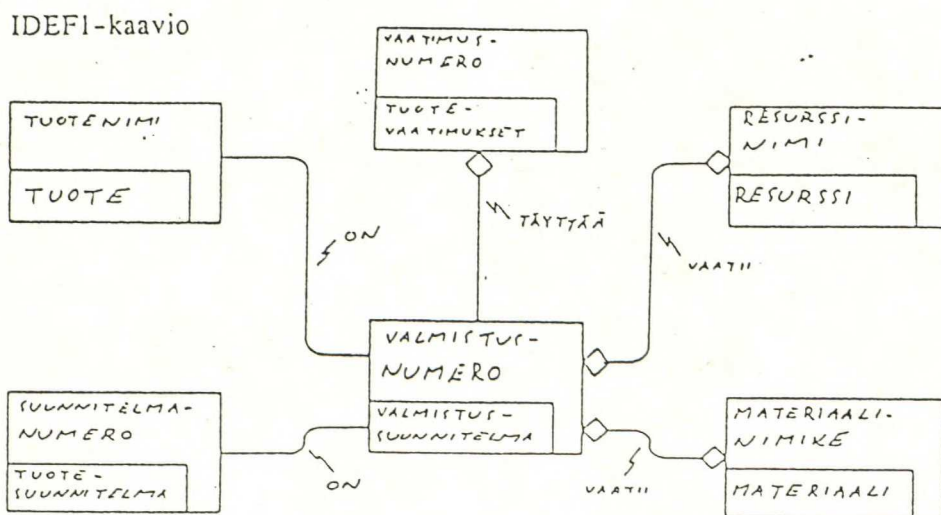
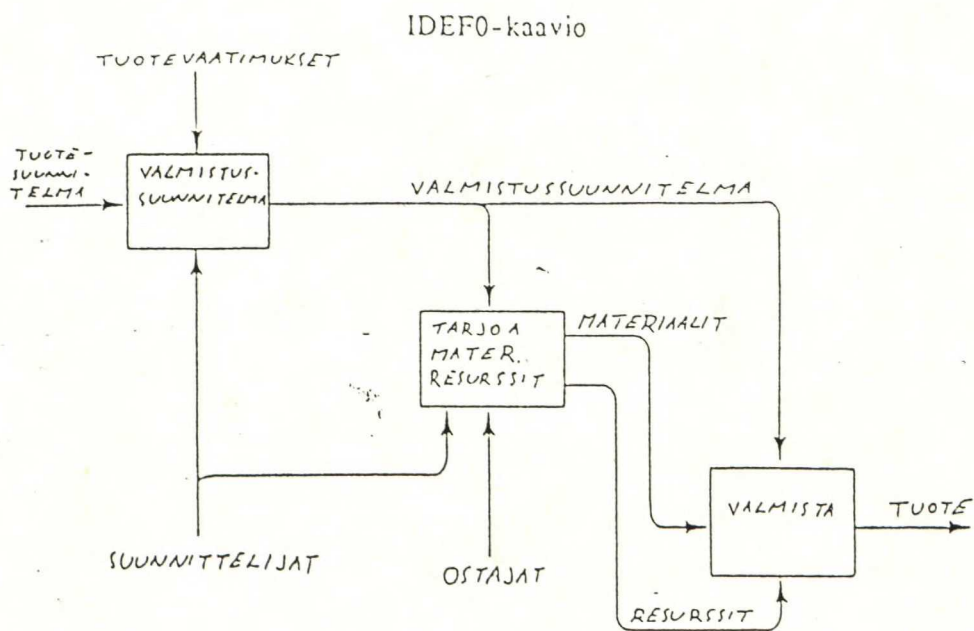
Järjestelmän vaatimusmäärittely on lopullinen raportti, joka määrittelee järjestelmän vaatimukset. Mikäli haluttaisiin jatkaa vielä eteen päin tulisi siirtyä funktionaaliseen järjestelmäspesifikaatioon, joka on myös toteutettavissa varsinaisen RAMS-menetelmän jatkona.

4.1.3 IDEF

IDEF (Integrated Computer Aided Manufacturing Definition Method) /5/ on analyysimenetelmä, joka on kehitetty yrityksen toiminnan analyysiin ja suunnitteluun. Menetelmän on kehittänyt Yhdysvaltain ilmavoimat yhdessä Ross:n SoftTech yhtiön kanssa siten, että se vastaa ICAM:n yhdentymisperiaatteita. IDEF pyrkii helpottamaan suunnittelua mallintamalla ja näin auttamalla ongelman syvällisessä ymmärtämisessä. Se jakautuu kolmeen pääosaan (kuva 4):

- 1) IDEF0 toimintomalli
- 2) IDEF1 informaatiomalli
- 3) IDEF2 dynaaminen malli

IDEF0 on hyvin samankaltainen SADT:n (Structured Analysis and Design Technique) kanssa. IDEF0 kaaviot ovat hierarkisia siten, että alemmat tasot tarkentavat ylempien tasojen kuvaa rajatusta ongelmasta. IDEF0-kaavion perusosana on toimintoa kuvaava suorakulmio ja toiminnon liittymiä kuvaavat nuolet, joita ovat syöte-, tulos-, ohjaus- ja mekanisminuoli. Näistä elementeistä muodostuu verkko, joka kuvaa haluttua ongelmaa tai suunnittelutilannetta. Syötenuoli muuttuu tulosnuoleksi ohjausnuolen ohjaaman ja mekanisminuolen suorittaman



Kuva 4: IDEF-menetelmän esimerkkejä

toiminnan tuloksena.

IDEF1-malli kuvaa ongelman rajauksen sisäpuolelle mahtuvat tiedot, niiden entiteettiluokat, attribuutit ja keskinäiset suhteet eli relaatiot. Relaatiot voivat olla 1:1, 1:M, M:1 tai M:N relaatioita. Tällä mallilla saadaan selkeä kuva käsiteltävästä informaatiosta.

IDEF2-malli pyrkii huomioimaan ongelman dynamiikan eli aikariippuvat tekijät. Malli erottaa dynaamiset tekijät muista malleista kuvaamalla sekvenssit, kestoajat ja tapahtumatiheydet. Ongelmana on kuitenkin dynaamisen tiedon eristyneisyys muusta mallinnuksesta.

4.1.4 CIM3000

CIM/CIE3000 /6/ on amerikkalaisen Dennis E. Wisnoskyn vuonna 1986 perustaman Wizdom Systems, Inc:n konsultointimenetelmä, joka käyttää analyyseissään IDEFx-menetelmiä. Menetelmä on neljätasoinen prosessi, jonka tuloksena syntyy suuri joukko erilaisia tarpeellisia dokumentteja. Tätä asiakasorientoitunutta menetelmää käytetään johdon suunnitelmiin ja teknisiin sekä taloudellisiin suunnitelmiin. Apuna ovat mikropohjaiset työkalut, joita ovat IDEFine0, IDEFine1, IDEFcost ja IDEFcbam.

Menetelmän tasot ovat peräkkäisiä ja niistä kustakin tulee selkeät raportit. Tasolla 1 määritellään liiketoiminnan tavoitteet ja etsitään mahdollisuudet, jotka voisivat tukea edellä mainittuja toiminnan tavoitteita. Tasolla 2 laaditaan näin on -malli nykyisistä toiminnoista. Seuraavalla tasolla laaditaan tulee olla -malli. Viimeisellä tasolla laaditaan CIM/CIE teknologia-, talous- ja johtosuunnitelmat edellisten vaiheiden tietojen ja havaintojen perusteella.

Menetelmän tasojen lopputulokset ovat tyypillisesti

seuraavanlaisia:

- Taso 1:
- priorisoitu lista liiketoiminnan tavoitteista
 - kustannusmatriisi
 - priorisoitu lista mahdollisuuksista
 - kustannus/hyöty -arvio ja suunnitelmat tasoille 2, 3 ja 4
- Taso 2:
- nykyisten toimintojen malli
 - kustannus/suorituskyky -paikat
 - nykytilaraportti
 - potentiaaliset projektit
- Taso 3:
- järjestelmän viitekehys
 - tietokantakuvaus tietovirtoineen
 - käyttöastetaulukot
 - jonotuskaaviot
 - materiaa livirtakaavio
 - laatukriteerit
 - hukkaprosentit
 - potentiaaliset pullonkaulat
 - laitteistoluettelo
 - prosessin kustannustiedot
- Taso 4:
- taloudellinen vaihtuvuus
 - toimintojen simulointi
 - strateginen sopivuus liiketoimintasuunnitelmaan
 - koulutustarpeet
 - toteutuskustannukset, ajoitus ja resurssit
 - parempi ymmärrys kustannustekijöistä ja käytännöistä
 - parannusehdotuksia
 - kokonaissuunnitelma modernisoinnille
 - toiminnalliset määritykset ja

vaatimukset suunnitellulle
laitteistolle ja ohjelmis-
tolle.

IDEF-Dictionary

IDEF-Dictionary on IDEFine0:n käyttöä tukeva kirjastotietokanta. Kirjastoon päivittyy automaattisesti kaikki IDEFine0:n käyttämät nimikkeet. Nimikkeet ovat saatavissa kannasta laajennetuilla analyysillä ja raportoinnilla. Kirjaston avulla muutos yhdessä IDEFine0:n mallin kohdassa päivittyy kaikkiin muihin liittyviin kohtiin, automaattisesti. Kirjastoa voidaan käyttää muutoksien vaikutusten ennekoimiseen.

IDEFcost

IDEFcost on LOTUS-taulukkolaskentaa, jolla voidaan analysoida IDEFine0:lla analysoitujen toimintojen tietoja. Myös muutosten vaikutukset voidaan selvittää siirryttäessä on-tilasta pitäisi olla -tilaan. Makropohjainen laskenta on valikko-ohjattua, ja laskee luvut absoluuttisina tai suhteellisina prosentteina. Ohjelma sisältää konversion, jolla tiedot voidaan muuttaa CBAM-ohjelman vaatimaan muotoon.

4.1.5 C-BAT

C-BAT (Cost Benefit Analysis Toolkit) /7/ menetelmä on investointien päätöksenteon tukimenetelmä. Menetelmä toimii viitekehyksenä päätöksiä tehtäessä ja on rakenteellinen, looginen ja systemaattinen. Menetelmää varten on kehitetty 10 mikropohjaista tietokoneohjelmaa, joiden avulla menetelmää voidaan soveltaa tehokkaasti.

Rakenteeltaan C-BAT on 4 vaiheinen ja 16 askelinen. Vaiheet 1-3 tukevat varsinaista päätöksentekoa ja vaihe 4 tukee jälkipäätöksentekoa eli päätöksen toteutumisen seuranta ja ohjausta, kuva 5. Ideana on, että menetelmä vastaa liiketoiminnan kriittisiin kysymyksiin ja mahdollistaa näin investointipäätöksenteon.

Seuraavassa kysymykset, joihin menetelmä vastaa:

- 1) Tärkeimmät tavoitteet
- 2) Tavoitteiden mittaaminen
- 3) Tavoitteiden nykyinen tila
- 4) Yrityksen ympäristömuutoksien ja ratkaisustrategioiden vaikutus markkina-asemaan, taloudelliseen ja sosiaaliseen tilaan sekä valmistuskapasiteettiin
- 5) Liiketoiminnan suurimmat riskit
- 6) Ero nykyisentilan ja tavoitteiden välillä
- 7) Investointikriteerit, jotka tasapainottavat riskin, hyödyn ja kustannukset
- 8) Vaihtoehtoiset ratkaisustrategiat ja niiden järkevyys, kustannukset ja hyödyt
- 9) Parhaat ratkaisustrategiat
- 10) Ratkaisujen arviointiajanjakson pituus
- 11) Investoinnin rahoitus
- 12) Valmius toimintahäiriöihin
- 13) Henkilöstön tarve
- 14) Toteutuksen aikataulussapysyminen ja ennustettujen hyötyjen saavuttaminen
- 15) Parannusten taso
- 16) Kokemukset seuraavaa päätöstä varten

Vaihe 1 muodostuu neljästä moduulista, jotka pyrkivät määrittämään nykyisen aseman. Moduuleissa selvitetään yleiset tavoitteet ja nykyiset saavutukset sekä tarkastellaan yrityksen ulkoisten tapahtumien vaikutuksia yritykseen. Näin saadaan selville yrityksen vaste eli se miten yritys käyttäytyy, mitkä ovat nykyiset ongelmat ja mitkä ovat odotettavissa olevat ongelmat.

Moduulit ovat:

- 1) Structure business objectives and measures of achievement
- 2) Identify current achievement
- 3) Simulate business scenarios with existing manufacturing resources
- 4) Define consequent business problems

Vaihe 2 on viisimoduulinen konseptien suunnittelu- ja arviointivaihe. Vaihetta ei käytetä, mikäli saatiin vaiheen 1 tuloksena "toimenpidekielto" eli tilanne, jossa ei tarvitse tehdä toimenpiteitä tuloksien parantamiseksi. Tässä vaiheessa tarkastellaan mahdollisia toimenpiteitä ja laaditaan ehdotuksia parannuksiksi. Tavoitteita korjataan ja uusitaan ja saatetaan esittää jopa väliaikaisia spesifikaatioita ratkaisuille (ovat tässä menetelmässä investointeja).
Moduulit ovat:

- 1) Set revised achievement targets, set strategy to achieve targets
- 2) Perform technical feasibility study with existing manufacturing resources
- 3) Perform technical feasibility study applying CIM and non-CIM solutions
- 4) Determine outline costs and benefits
- 5) Perform rough-cut commercial feasibility study

Vaihe 3 seuraa vaiheita 1 ja 2 ja on neljämoduulinen. Lähtökohtana tälle vaiheelle on tilanne, johon on päästy. Vaiheista 1 ja 2 on saatu useampia ratkaisuvaihtoehtoja, jotka ovat teknisesti ja taloudellisesti järkeviä. Menetelmä ei ole vielä kuitenkaan päässyt analyysissään niin pitkälle, että olisi valmius valita ratkaisu.

Vaihe 3 on luonteeltaan hyvin samanlainen kuin vaihe 2. Se avustaa investoinnin analyysissä ja

hyödyllisimmän ratkaisun valinnassa. Vaiheen läpikäynnissä täytyy olla mukana toimittajat ja konsultit, jotta saadaan riittävästi tietoja spesifikaatioista, kustannuksista ja hyödyistä. Vaiheen aikana käsiteltävien tietojen tarkkuustaso on huomattavasti parempi kuin aikaisempien vaiheiden. Investoinnin tekopäätöksen todennäköisyys kasvaa merkittävästi tämän vaiheen aikana, joten on mahdollista pitää jopa demonstraatioita ratkaisuvaihtoehdoista. Lopuksi muodostuu selkeä käsitys kustannuksista ja hyödyistä, valitaan strategia, spesifikaatio ja toimittajat sekä esitellään toteutusohjelma, jota seurataan ja muokataan muuttuvien olosuhteiden takia. Moduulit ovat:

- 1) Produce implementation plan, assess/agree priorities, perform detailed technical feasibility study
- 2) Simulate business scenarios with improvements in manufacturing
- 3) Determinen programme and project costs
- 4) Perform investment appraisal and opportunity analysis

Vaiheen 4 alussa on jo varsinainen investointipäätös tehtynä. Vaihetta kutsutaan jälkipäätösvaiheeksi, jolle on ominaista seurantaluonne. Aloitetaan varsinainen toteutusvaihe, joka pitää sisällään mm. allekirjoitukset, projektien johtajien valinnat ja koulutuksen järjestämisen. Vaiheen aikana on tärkeätä seurata, että toteutus pysyy aikataulussaan ja päätetynlaisena ja että suunnitellut kustannukset ja hyödyt toteutuvat. Toteutumia tarkkaillaan ja tehdään jälkianalyysia, jolla varmistetaan mahdollisten tehtyjen virheiden huomioimisen mahdollisuus tehtäessä uutta suunnitelmaa. Moduulit ovat:

- 1) Commit and sell CIM-programme
- 2) Monitor costs and benefits and business plan performance
- 3) Perform post implementation audit

4.2 Suunnittelun ohjelmistot

4.2.1 C-BAT

C-BAT ohjelmistot ovat kaikki mikrotietokonepohjaisia tietokantoja tai ohjelmia, jotka tukevat C-BAT -menetelmää. Seuraavassa kukin ohjelma esiteltynä erikseen.

Objectives database

Tietokanta, johon syötetään tiedot yrityksen tavoitteista ja niiden mittaamisyksiköistä eli tunnusluvuista. Tavoitteet esitetään kahtena listana ja yhtenä aikasarjana, pitäisi olla ja on -tiedot listoina sekä tulevaisuudessa pitäisi olla -tiedot aikasarjana.

Rating system

Päätöksenteon tukiväline, jolla voidaan arvioida erilaisia projekteja. Arvioinnissa on mahdollista käyttää laadullisia tunnuslukuja, joiden uudelleenarvioiminen on mahdollista. Ohjelma laskee syötetyille arvioille keskiarvon, minimin ja maksimin, keskihajonnan ja painotetun tunnusluvun. Arviot esitetään asteikolla 1-10 ja arviolle annetaan luotettavuuskerroin väliltä 1-4. Kaiken kaikkiaan on tarkoituksena johtaa keskustelu investoinnin kannalta oleellisiin ja tärkeisiin asioihin.

CIM-element database

Tietokanta, joka sisältää tietoa valitun CIM-ratkaisun toiminnallisen ratkaisun tukemiseksi ja osoittaa rajat yhteisten CIM-elementtien tekniselle ja taloudellisille tiedoille.

Tietokanta on rakenteeltaan yksinkertainen.

Jokaisesta elementistä tai ratkaisusta säilytetään seuraavat tiedot:

- käytettävä konsepti/elementti (esim. CAD)
- käytettävä yrityksen toiminto (esim. suunnittelu)
- vuosi, jota tiedot koskevat
- parametrin yksikkö
- parametri (esim. tuotteen suunnitteluaika)
- syöttöpäivä
- parametrin arvot eri muodoissaan.

Vaikka tietokanta on rakenteeltaan yksinkertainen, voidaan sitä käyttää useissa eri tarkoituksissa. CIM-ratkaisuista saatavat kokemukset on hyvä tallentaa tietokantaan, johon voidaan tallentaa myöskin yrityksen odotukset ratkaisujen käyttäytymisestä. Talletettuja tietoja voidaan käyttää teknologioiden valintaan ja toteutusratkaisuehdotusten tukena.

GAP analysis

Raportointiväline, jolla vertaillaan Objectives databaseen talletettujen tunnuslukujen välisiä eroja. Erot esitetään eroina esim. pitäisi olla- ja tulevaisuudessa pitäisi olla -tietojen välillä. Arviointi tapahtuu valittujen tunnuslukujen avulla. Tuottaa raportin ongelmista eli eroista.

Financial model

Väline, joka kuvaa yrityksen taloudellisen tilan tällä hetkellä ja tulevaisuudessa. Mukana kuvauksessa voivat olla myöskin yrityksen CIM-investoinnit, joiden seuraukset yrityksen talouteen voidaan arvioida. Voidaan käyttää ennustamiseen, kehityksen seurantaan ja vaihtoehtoistarkasteluun. Yrityksen tilaa kuvataan taseella ja tuloslaskelmalla.

Investment analysis

Työväline, joka analysoi investointia ja vertailee sitä tilanteeseen, jossa ei investoida: laskee NPV:n, IRR:n, takaisinmaksuajan, annuiteetin ja profitability indexin. Välineellä voidaan analysoida myöskin kassavirtaa ja laskea sen perusteella taloudellisia päätöksenteon tunnuslukuja. Myöskin uudet kustannuspaikat voidaan ottaa huomioon, koska väline osaa käyttää Cost-benefit datan tietoa hyväkseen (CIM-investointi ei ole pelkkä korvausinvestointi). Mahdollistaa herkkyystarkastelujen tekemisen.

Cross-impact modeller

Mallintaja, joka auttaa yrityksen markkinoiden ja itse yrityksen välisen vuorovaikutuksen analysointia, myöskin muuttuvassa tilanteessa. Mallintajassa käytetään apuna tapahtumia, jotka kuvaavat muutoksia yrityksen markkinoilla, aikasarjoja, jotka kuvaavat yrityksen toimintaa ja sitä miten yrityksen tila muuttuu toiminnan tuloksena ja aktiviteetteja, jotka kuvaavat yrityksen toimia sen yrittäessä muuttaa omaa tilaansa.

Manufacturing model development tool

Kaksiosainen työkalu, jonka toisella osalla mallinnetaan tuotantoa IDEF-menetelmän mukaisesti ja toisella osalla analysoidaan tuotantoa tunnusluvuilla taulukkomuotoisesti.

Cost-benefit database

Tietokanta, johonka voidaan tallentaa tarkkaa tai kokemusperäistä tietoa CIM-elementeistä.

Mallintaja, joka mallintaa tunnuslukujen välisiä syy-seuraus -suhteita. Tunnuslukujen väliselle suhteelle määritellään vaikutuksen suuruus ja vaikutuksen suunta (suora tai käänteinen). Välineellä voidaan seurata muutoksien herkkyyttä ja vaikutuksia. Mallintaja perustuu professori Burbidgen (Cranfield Institute of Technology) tutkimuksiin englantilaisten yritysten toiminnallisten ja ulkoisten parametrien syy-seuraus -suhteista. Parhaita käyttökohteita ovat laadullinen analyysi (vaikutusten suhteet) ja määrällinen analyysi (herkkyysanalyysi).

4.2.2 Simulointi

Simulointi on mallintamista ja jäljittämistä eli mallin toiminnan tutkimista simuloimalla. Todellisuutta tai tarkoin harkittua ongelman osaa mallinnetaan eli kuvataan jollain valitulla tavalla. Valittu tapa voi olla diskreetti tai jatkuva tai toisenlaisen luokittelun mukaan staattinen tai dynaaminen. Mallin laatimisen jälkeen voidaan tehdä analyysiä ja johtopäätöksiä. Mahdollisesti päädytään tarkempiin simulointeihin, jotka toisivat ratkaisun tai ongelman hakemiseen iteratiivisuutta.

Diskreetti simulointi tarkoittaa diskreettiä eli ei-jatkuvaa mallin tarkastelua. Mallin tilaa tarkastellaan vain joinakin tiettyinä ajanhetkinä, joiden välistä ajanjaksoa kutsutaan simulointiväliksi. Tällainen simulointi soveltuu hyvin tilasta toiseen siirtyvien prosessien simulointiin.

Jatkuva simulointi tarkoittaa sitä, että mallin tilaa tarkastellaan jatkuvasti, vaikkakin todellisuudessa tässäkin on kyse eräänlaisesta diskreetistä simuloinnista. Erona vain on simulointiväli, joka on äärettömän pieni jatkuvassa simuloinnissa.

Näin ollen jatkuva simulointi on eräänlainen raja-arvo diskreetistä simuloinnista, kun simulointiväli lähestyy nollaa. Siis

$$\begin{aligned}\text{Jatkuva simulointi} &= \lim_{x \rightarrow 0} \text{diskreetti simulointi}(x), \\ x &= \text{simulointiväli}\end{aligned}$$

Kaava 1: Jatkuva simulointi

Käsiteparia staattinen/dynaaminen simulointi voidaan selventää esimerkillä, joka on tuotannon simuloinnista. Tuotantolinjalla on työasemia, joilla on jokin kapasiteetti. Kun linjan asemia kuormitetaan syntyy tilanne, joka voi olla simuloinnin kannalta staattinen tai dynaaminen. Staattisesta tilanteesta on kyse silloin, kun voidaan olettaa, että kunkin aseman kuormitus pysyy vakiona. Dynaamisessa tilanteessa linjan asemien kuormitus voi vaihdella ajan funktiona. Staattisessa simuloinnissa muuttujanomaiset tunnusluvut käytettyvät kuin parametrit ja laskenta on huomattavasti yksinkertaisempaa kuin dynaamisessa tilanteessa, joka pitää laskea jokaisella ajan hetkellä erikseen.

Simulointia voidaan toteuttaa fyysisillä malleilla, pienoismalleilla, tietokoneohjelmilla tai simulointikielillä. Mallin luonne määrittää selkeästi mahdollisuudet, joita simuloinnilla on. Simulointimalli tarjoaa toteutustavasta riippuen mahdollisuuden laajaan, dynaamiseen ja jatkuvaan simulointiin. Tällainen simulointi vastaisi mahdollisimman paljon todellisuutta.

Simuloitaessa fyysisellä mallilla päästään lähelle todellisuutta. Malli rakennetaan vastaamaan todellisia olosuhteita, joita on tarkoitus simuloida. Esimerkkinä voidaan mainita lentokoneen ohjaamon simulaattori, joka on tehty vastaamaan todellista lentokoneen ohjaamoa. Siinä simuloidaan koneen liikkeitä ja ohjaajan toimintoja ja toimenpiteitä lennon, nousun ja laskun aikana. Mallista

saadaan mittaamalla tuloksia, joita varten simulointi on tehty tai saadaan aikaiseksi koulutusta, joka voi olla myöskin simuloinnin päämäärä.

Pienoismallilla joudutaan simuloimaan, kun todellisuuden simulointi todellisella mallilla on vaikeata tai kallista tai jopa mahdotonta. Pienoismalli tehdään vastaamaan todellisuutta mahdollisimman hyvin tai toisena vauhtoehtona on tehdä pienoismalli, joka vastaa todellisia olosuhteita. Esimerkiksi akustisia mittauksia voidaan tehdä simuloimalla todellista tilaa pienoismallilla, jolla on suhteessa todellisuuteen olevat ominaisuudet. Näin saadaan todellista tilannetta vastaavat olosuhteet selvitettyä ilman todellista tilannetta. Tästä voi olla hyötyä mm. konserttitiloja suunniteltaessa.

Tietokoneohjelmalla voidaan myöskin simuloida todellisuutta tai todellisuuden osaa. Ideana on rakentaa todellisuudesta tietokonemalli ohjelmoimalla, jollakin ohjelmointikielellä. Ohjelmointi tapahtuu siten, että ohjelmalla on mallilla tarvittavat ominaisuudet. Esimerkkinä voisi mainita robotin liikkeiden simuloimisen tietokoneohjelmalla, joka näyttää kuvaruudulla miten robotti liikkuu.

Myöskin simulointikielet mahdollistavat tietokonesimuloinnin. Valitulla tietokonesimulointiin tarkoitettulla simulointikielellä tehdään todellisuudesta malli, jonka käyttäytymistä tutkitaan simulointikielen ohjelmointiominaisuuksia käyttämällä.

Tietokonesimulointiin tarkoitettut ohjelmointikielet ja tietokoneohjelmat voidaan luokitella useiden perusteiden mukaisesti, joista seuraavassa muutamia:

- animaatio tai ei-animaatio
- vuorovaikutteinen tai ohjelmoitava
- diskreetti tai jatkuva
- tekoälypohjainen tai tavallinen.

Diskreetti simulointityökalu on tarkoitettu diskreettiin simulointiin, eikä siis jatkuvaan simulointiin kuten sen vastakohtansa jatkuva.

Simulointityökalu voi olla myöskin vuorovaikutteinen, jolloin usein puhutaan simulointiohjelmista. Vuorovaikutteisuus tarkoittaa sitä, että käyttäjän ei tarvitse tehdä kaikkea työtä itse, vaan tietokoneohjelma tekee osan simuloinnista itsenäisesti. Vuorovaikutteisuus näkyy konkreettisesti siten, että esimerkiksi ohjelmointikielet voivat tehdä simulointimallin pelkästään joidenkin annettujen parametrien perusteella. Ohjelmoitavassa tapauksessa mallin aikaansaaminen edellyttää käyttäjältä aivan selvää ohjelmoitua vuorovaikutteisuuden vastakohtana.

Animaatio simuloinnin yhteydessä tarkoittaa sitä, että tietokonesimuloinnin tulokset esitetään ikäänkuin kaikki tapahtuisi todellisuudessa näyttöruudulla. Ei-animoitavassa työkalussa tarvitaan erillinen ohjelmointi, jotta saataisiin tulokset kuvaamaan todellisuutta (esimerkiksi liikettä).

Tekoälypohjaisella simuloinnilla tarkoitetaan simulointia, joka käyttää jotakin tekoälytyökalua, kuten tekoälypohjainen simulointikieli. Suurin osa markkinoilla olevista simulointikielistä ja -ohjelmista on perinteisiä ei tekoälyyn perustuvia. Esimerkki tekoälypohjaisesta simuloinnista on SimKit.

Simuloinnin vaiheet

Viitteen 8 mukaisesti simuloinnilla on useita erilaisia vaiheita, jotka ovat:

- 1) Ongelman määrittäminen
- 2) Järjestelmän mallintaminen
- 3) Mallin testaus

- 4) Mallin ratkaisu
- 5) Ratkaisun tarkastaminen
- 6) Toteutus

5 Case: Tuotekustannuslaskenta strategisessa valmistuksen päätöksenteossa

5.1 Peruskäsitteitä

Kustannuslaskennassa ollaan siirtymässä tuotekohtaiseen kustannusten seurantaan, joka takaa paremman kustannusten kohdistettavuuden ja siten tarkemman kustannusseurannan. Ideana on seurata kunkin tuotteen kustannuksia erikseen siten, että tuotekohtainen kalkyyli on mahdollinen. Tehtävät valinnat vaikuttavat oleellisesti lopputulokseen: mitä enemmän seurantaa, sitä tarkempi laskennan lopputulos.

Seurannan kohteiden valinta on hyvin tärkeätä, sillä seurattaessa liian tarkasti kustannuksia, saatetaan aikaansaada seurantakustannuksia, jotka ovat suurempia kuin tarkan seurannan mahdollistamat pienet ja tarkat kustannussäästöt. Toisaalta liian karkea seuranta saattaa johtaa suurpiirteiseen ajatteluun, josta voi olla seurauksena suurtenkin kustannussäästöjen menettäminen.

Jotta kustannuslaskenta olisi selkeätä, on ymmärrettävä joukko käsitteitä /8/, joita käytetään tuotekohtaisessa kustannuslaskennassa. Käsitteiden avulla määritellään laskennan viitekehys. Näin varmistutaan siitä, että kaikki tietävät mitä lasketaan, miten lasketaan ja mitkä ovat laskennan lopputulokset.

Kustannuspaikka on sellainen yksikkö organisaatiossa, jonka kustannuksia seurataan erikseen. Kustannuspaikka voi olla pää- tai apukustannuspaikka sen mukaan kuinka keskeinen osa kustannuksella on. Kustannuspaikkamäärä vaikuttaa hyvin oleellisesti laskennan tarkkuuteen.

Kustannuslajit ovat niitä kustannuksia, joita kustannuspaikalle kohdistetaan. Niitä voi olla elementäärisiä tai kompleksisia, sen mukaisesti mitenkä paljon kyseiset lajit kattavat kustannuksista.

Elementääriset kustannukset kattavat vain yhden lajin, kun taas kompleksiset kustannukset ovat laajempia elementääristen kustannusten yhteenvetoja (karkeampia).

Kustannusten kohdentamisessa voidaan käyttää useita eri kalkyylytyyppejä. Tässä mainitaan kolme peruskalkyyliä, jotka ovat minimi-, keskimääräis- ja normaalikalkyyli (kaavat 2-4). Kalkyylien mukaan määräytyy se, mitä kustannuksia tuotteille kohdistetaan. Kalkyylin valinta vaikuttaa siten laskennan tarkkuuteen ja lopputuloksen sisältöön.

Minimikalkyyllilla tarkoitetaan kalkyyliä, jonka perusajatuksena on kohdistaa suoritteille vain muuttuvat kustannukset. Kalkyyli kertoo vähimmäishinnan, joka on saatava nykyisen tuotannon lisäksi valmistettavavasta yksiköstä, jotta tuotannon laajennus lyhyellä aikavälillä kannattaisi.

Keskimääräiskalkyylin perusajatuksena on kohdistaa suoritteille käyttötekijöistä aiheutuneiden muuttuvien kustannusten lisäksi myös potentiaalteknologijöistä johtuvat kiinteät kustannukset. Laskennassa käytetään laskentakautena aikaansaatuisten suoritteiden kustannuksia.

Normaalikalkyylin avulla eliminoidaan toimintasuhteen muutosten vaikutus yksikkökustannuksiin. Suoritteille kohdistetaan kiinteitä kustannuksia vain se määrä, joka tietyllä normaalitoiminta-asteella tulisi keskimääräiskalkyylin mukaan.

$$\text{Minimikalkyyli} = \frac{\text{laskentakauden muuttuvat kustannukset}}{\text{suoritemäärä}}$$

Kaava 2: Minimikalkyyli

$$\text{Keskimääräiskalkyyli} = \frac{\text{laskentakauden kokonais-
kustannukset}}{\text{suoritemäärä}}$$

Kaava 3: Keskimääräiskalkyyli

$$\text{Normaalikalkyyli} = \frac{\text{laskentakauden muuttuvat
kustannukset}}{\text{suoritemäärä (tod)}} +$$

$$\frac{\text{laskentakauden kiinteät
kustannukset}}{\text{normaalisuoritemäärä}}$$

Kaava 4: Normaalikalkyyli

Kustannusarvokäsitteitä on kaksi kappaletta: valmistusarvo ja omakustannusarvo. Kustannusarvokäsitteet jakavat laskentaa yrityksen toimintojen mukaan. Voidaan käyttää myös peruskalkyylien ja kustannusarvojen yhdistelmiä, jotka tarkentavat kustannuksien kohdentamista.

Valmistuskustannukset kertova kalkyyli on nimeltään valmistusarvo. Siinä ei ole mukana mm. markkinointi-, myynti-, hallinto- yms. kustannuksia. Yhdistelmistä voidaan mainita esim. minimivalmistusarvo, jonka laskennassa käytetään vain tuotannon muuttuvia kustannuksia.

Kun kaikki yrityksen toiminnan kustannukset kohdistetaan tuotteelle, saadaan omakustannusarvo, joka voi olla myöskin tarkennettu esim. miniomakustannusarvoksi. Tällöin kaikista kustannuksista on huomioitu vain muuttuvat kustannukset.

5.2 Laskentamenetelmät

Kustannuslaskentaan voidaan suorittaa useilla eri tavoilla. Perusajatuksena kussakin laskentamenetelmässä on valittujen kustannusten kohdistaminen jollain tietyllä tavalla jollekin tietylle yksikölle. Seuraavassa mainitaan ja selostetaan kolme yleistä laskentamenetelmää, joita käytetään tuotekohtaisessa kustannuslaskennassa. Menetelmät ovat ekvivalenssilaskenta, jakolaskenta ja lisäyslaskenta /8/. Kaikista menetelmistä saadaan laskettua yksikkökustannukset kullekin tuotteelle, ainoastaan laskentatavassa, kustannusten kirjaustavassa ja lajitteluperusteissa on eroja.

Ekvivalenssilaskenta perustuu ajatukseen, jossa laskenta suoritetaan ekvivalenttisyksikköinä. Ekvivalenttisyksikkö on yhtä suuri kaikilla tuotteilla ja se saadaan sopimalla jonkin tuotteen materiaaliyksikkökustannukset yhdeksi. Muiden tuotteiden materiaaliyksikkökustannus saadaan kertomalla ekvivalenttimateriaaliyksikkökustannus tuotteen ekvivalenttisyksiköiden määrällä. Vastaavalla tavalla lasketaan muutkin yksikkökustannukseen vaikuttavat kustannukset, kuten välitön työ. Kustannuksiin päästään kertomalla ekvivalenttisyksiköiden määrä ekvivalenttisyksikön kustannuksella.

Jakolaskennassa kustannuksia seurataan kustannuspaikoittain, jotka voivat olla joko pää- tai apukustannuspaikkoja. Kustannukset kirjataan suoraan kustannuspaikoille siten, että apuosastojen kustannukset jaetaan pääkustannuspaikoille. Laskentakausittain kirjataan jokaisella pääkustannuspaikalla käsiteltyjen suoriteyksiköiden määrät. Suoritteiden yksikkökustannuksen laskemiseksi pääkustannuspaikan kustannukset jaetaan vastaavalla käsiteltyjen suoritteiden lukumäärällä. Lopullinen yksikkökustannus saadaan laskemalla yhteen suoritteiden kulkemien kustannuspaikkojen jakamalla saadut yksikkökustannukset.

Lisäyslaskenta perustuu työmääräimiin, jotka annetaan erikseen jokaista valmistuserää tai työkohdetta varten. Jokaisella työmääräimellä on työnnumero tunnuksena, jonka mukaan jälkilaskelmat suoritetaan. Valmistuksesta syntyvät kustannukset jaetaan välittömiin ja välillisiin yleiskustannuksiin. Niinpä yksikkökustannusten selvittämiseksi jokaiselle työnumerolle kirjataan sille kuuluvat välittömät kustannukset ja tarkoituksenmukaista jakoperustetta käyttäen osa yleiskustannuksista. Tuotekohtaiset yksikkökustannukset saadaan luonnollisesti jakamalla em. kustannusten summa työmääräimen yksikkömäärällä.

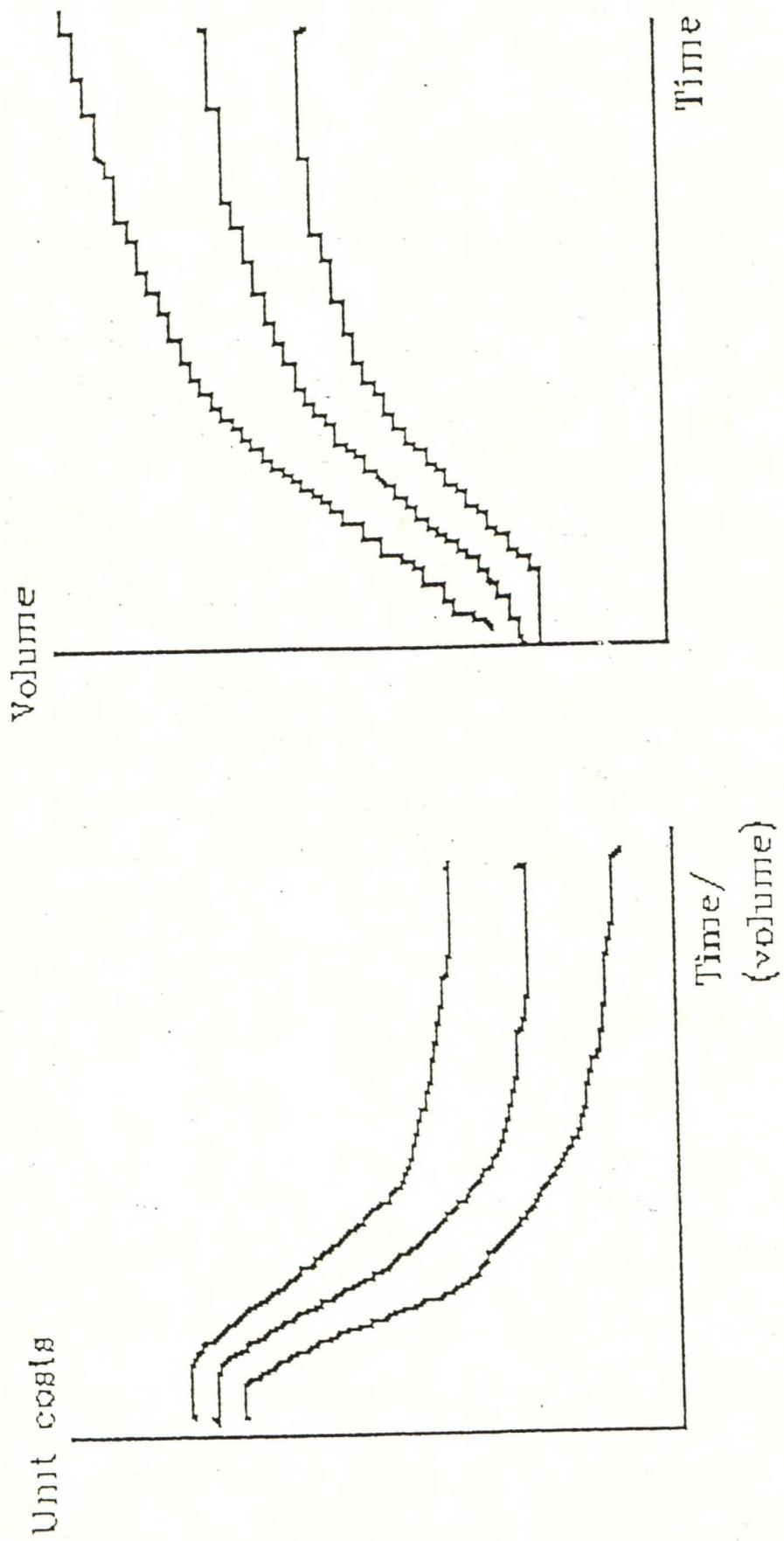
5.3 Valmistusstrategialaskentamalli

5.3.1 Lähtötilanne

Mallia suunniteltaessa lähdettiin tuotannollisesta tilanteesta, johon oli tarkoitus kehittää tukiväline. Tuotannollisesta tilanteesta oli tiedossa tuoteperheen ennustettu volyymin käyttäytyminen tulevina vuosina, kuva 6. Tavoitemuuttujista oli tiedossa yksikkökustannustavoite, kuva 6. Kyseiset tiedot ovat arvionvaraista markkinatietoutta kopioituna liiketoimintasuunnitelmasta.

Volyymi kuvaa sitä, miten tuoteperheen kokonaiskappalemäärä tulee kehittymään tulevina vuosina. Käyrälle on tyypillistä kyllästyminen tulevina vuosina johtuen tuotteen elinkaaresta. Yksikkökustannukset kuvaavat tuotteen yhden yksikön valmistamisessa/tuottamisessa syntyviä tuotantokustannuksia (=tehdashinta).

Tuotannollinen tilanne oli tuoteperheen uuden tuotannon aloittaminen. Kyseinen tilanne on kapasiteetinlisäysongelma, joka voidaan toteuttaa usealla eri vaihtoehtoisella tuotantotavalla. Tuotantotapoja voivat olla esim. keskitetty ja hajutettu tuotanto. Kehitettävän mallin tuli pystyä huomioimaan nämä vaihtoehtoiset tuotantotavat, laskemaan niiden



Kuva 6: Laskentamallin lähtötilanne

investointikulut ja lopulliset tuotteen yksikkökustannukset.

5.3.2 Mallin sisältö

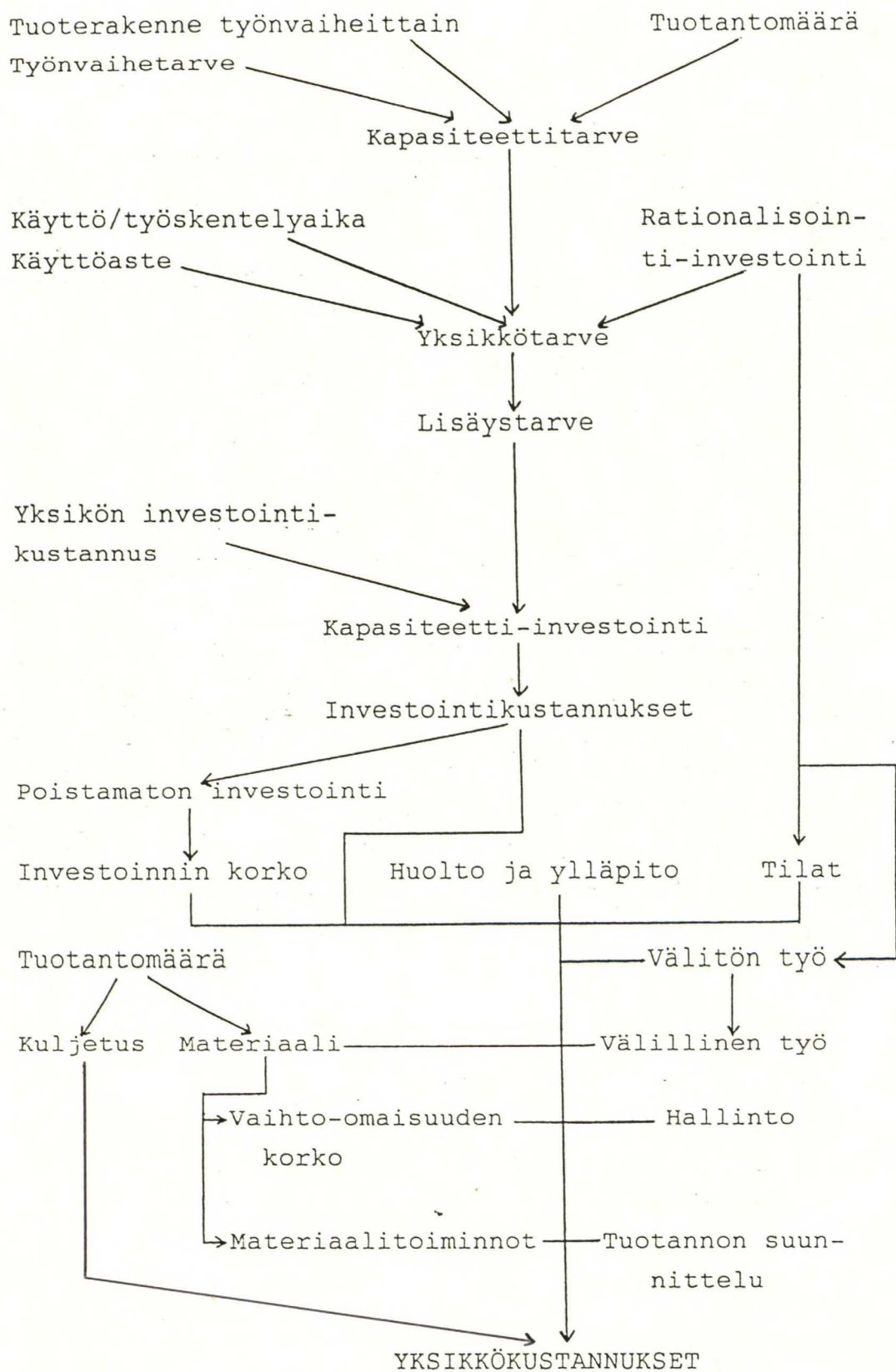
Ongelman ratkaisemiseksi päätettiin laatia laskentamalli, jolla laskemalla voitaisiin laskea tuotannon yksikkökustannukset ja suorittaa rationalisointitarkastelut. Mallilla päästäisiin laskemaan vaihtoehtoisia tuotantotilanteita ja niiden rationalisointia.

Kehitetty tuotantostrategian laskentamalli auttaa päätöksenteossa laskemalla eri lähtötilanteissa tuotteen valmistamisen kustannuksia. Mallia käytetään vertailemaan eri tuotantojärjestelmän vaihtoehtojen tuloksia taloudellisessa mielessä. Ts. tyypilliset ei-mitattavat tekijät, kuten laatu, reagointikyky, vaihtomaisuuden välilliset vaikutukset yms., arvioidaan ja painotetaan edelleen käsin ja esitettyjen vaihtoehtojen mitattavien tekijöiden taloudellinen vaikutus laskeaan mallin avulla.

Jotta malli tarjoaisi riittävät mahdollisuudet oleellisten tuotannollisten vaihtoehtojen kuvaamiseen, on siihen sisällytetty lisäpiirteitä erityisesti rationalisoinnin ja tuotannon hajauttamista ajatellen.

Varsinainen laskenta on monivaiheinen (kuva 7) ja pitää sisällään erilaisia käsitteitä, jotka esitetään seuraavissa kappaleissa varsinaisen laskennan etenemisen kuvauksen yhteydessä.

Mallia suunniteltaessa on huomioitu hyvin tarkasti mallin raja- ja laajuudeltaan että syvyydeltään. Pyrittiin laatimaan malli siten, että se olisi mahdollisimman yleiskäyttöinen eli että se soveltuisi mahdollisimman moneen tilanteeseen ja että malli olisi samalla riittävän tarkka yksityiskohdiltaan eli riittävän syvä. Näin mahdollistetaan mallinnettavan tilanteen erityispiirteiden



Kuva 7: Laskentamallin laskentalogiikka

den tarkka huomioiminen muodostettavassa sovelluksessa.

Laskentamallilla on neljä lähtösuurekonaisuutta:

- 1) Arvio tuotteen myyntivolyymista ja tuotantovolyymista tarkasteltaville vuosille
- 2) Tuoterakenne valmistusvaiheittain
- 3) Tuotteen työnvaihetarve
- 4) Hintatiedot valmistuksen yksiköiden investointi-

kustannuksista.

Laskenta jakaantuu karkeasti kahteen osaan: investointien määrän ja kustannusten laskentaan sekä muiden tuotantomääriin sidottujen kustannusten laskentaan.

Työnvaihetarve

Työnvaihetarve kuvaa kunkin työvaiheen tarvitsemää aikaa kapasiteetista, joka kullakin koneella on. Kyseessä ei siis ole aika, jonka kappale viipyy työvaiheessa, vaan aika, jonka kappale tarvitsee tullakseen valmistetuksi tilanteessa, jossa kapasiteetti on peräkkäistä kapasiteettia eli kapasiteettia, joka syntyy yhden työvaiheen tehdessä yhtä kappaletta kerrallaan. Työnvaihetarpeessa on huomioituna vain todellinen työskentelyyn kuluva aika eli tehollinen käynti/työskentelyaika.

Kapasiteettitarve

Kapasiteettitarve saadaan kertomalla työnvaihetarve tuotanto-ohjelman mukaisella tuotantomäärällä vuodessa. Luku kertoo sen, kuinka kauan tarvitaan todellista kone- tai käsityöaikaa työvaiheen vuosittaisen tuotanto-ohjelman toteuttamiseen. Tarve lasketaan erikseen henkilö-

ja konetyölle.

Yksikkötarve

Yksikkötarve muuttaa työnvaiheen kapasiteettitarpeen vuositasolla koneyksiköiksi tai työntekijämääräksi. Lukumäärä saadaan pyöristämällä ylöspäin (ei työntekijämäärää) luku, joka lasketaan jakamalla työnvaiheen kapasiteettitarve vuosittaisella koneen/henkilön käytettävissä olevan ajan (käynti/työskentelyaika) ja käyttöasteen tulolla. Henkilöiden osalta lukumäärä on suoraan laskutoimituksen tulos.

Käyttöaste

Käyttöaste on kerroin, jonka avulla saadaan koneen/työntekijän tehollinen käynti/työskentelyaika. Käyttöasteen suuruuteen vaikuttavat asetus- ja kuljetusajat sekä erilaiset seisokit (huolto/sairaslomat). Käytettävissäoleva käynti/työskentelyaikakäyttöasteella kertomalla saadaan tehollinen aika.

Lisäystarve

Kapasiteettitarpeesta saatava yksikkötarve kertoo, kuinka monta yksikköä/henkilöä tarvitaan kunakin vuonna toteuttamaan tuotanto-ohjelma. Koska ensimmäisen vuoden yksikkötarpeen perusteella tehdään investointi jo ensimmäisenä vuotena, on seuraavan vuoden yksikkötarpeesta jo osa valmiina. Jotta seuraavan vuoden lisätarve saadaan lasketuksi, täytyy siis vähentää kyseisen vuoden yksikkötarpeesta edellisen vuoden yksikkötarve. Saatua lukua nimitetään lisäystarpeeksi, jonka tehtävänä on kertoa kunakin vuotena tarvittavien lisäysinvestointien (koneet/henkilöt) lukumäärä.

Kapasiteetti-investoinnit

Yksikkötarpeesta saatava lisäystarve ilmaisee siis kunakin vuonna tehtävien investointien määrän. Investointien suuruus on kiinni kunkin koneen/työntekijän investoinnista, joka pitää sisällään kaikki kertaluonteiset investointiin liittyvät kustannukset. Kunkin vuoden investoinnit jaetaan tasapoistoina viidelle vuodelle (yleinen käytäntö teollisuudessa). Yhtenä vuotena tehdyistä investoinneista jakaantuu siis tasaisesti kustannuksia myös neljälle seuraavalle vuodelle.

Rationalisointi-investoinnit

Rationalisointi-investointeja on kahdenlaisia: käyttöasteen nosto ja henkilötyön säästö. Käyttöasteen nosto vaikuttaa käyntituntien määrään vuorokaudessa nostavasti eli nosto vähentää tarvetta investoida uusiin koneisiin tuotantomäärän noustessa. Henkilötyön säästö vaikuttaa suoraan tarvittavien työntekijöiden lukumäärään. Rationalisointi-investoinnit tasataan myös viidelle vuodelle tasapoistoina kuten kapasiteetti-investoinnitkin.

Huolto- ja ylläpitokustannukset

Tuotannon aiheuttamat huolto- ja ylläpitokustannukset huomioidaan mallissa investointien poistamattomaan arvoon perustuen. Kustannusten määrä on suoraan poistamattomasta arvosta laskettu suhteellinen osuus. Poistamaton arvo tarkoittaa arvoa, josta on poistettu vain edellisten vuosien poistot, ei siis meneillään olevan vuoden poistoja.

Materiaalikustannukset

Mallissa on tuotteen materiaalikustannukset

huomioitu ennalta saatujen arvioiden pohjalta. Arvio on esitetty taulukkona, jossa kussakin määräluokassa on materiaaliyksikkökustannus. Kokonaiskustannukset saadaan tuotantomäärää vastaavan materiaaliyksikkökustannuksen ja tuotantomäärän tulona.

Välittömät palkkakustannukset

Välittömät palkkakustannukset lasketaan vuotuisen käsityön yksikkötarpeesta (työntekijätarve) vähennettynä käsityöhön kohdistuvan rationalisoinnin vaikutuksella. Laskenassa käytettävä tuntipalkka määrätään lähtövuoden tason ja vuotuisen nousuprosentin mukaan.

Välilliset palkkakustannukset

Välillisen työn palkkakustannukset saadaan laskemalla välittömien työntekijöiden määrästä suhteellisena osuutena. Yhdellä välillisen työn tekijällä on kiinteät palkkakustannukset, jotka annetaan.

Kuljetuskustannukset

Kuljetuskustannukset käyttäytyvät tuotantomäärästä riippuvan laskevan eksponenttikäyrän mukaisesti. Mallissa on tehty kuitenkin karkeistus aivan kuin ne käyttäytyisivät lineaarisesti tuotantomäärästä riippuen. Mallille annetaan lähtötaso ja laskun kulmakerroin.

Vaihto-omaisuuden korko

Tuotantoon sitoutuvalle vaihto-omaisuudelle lasketaan korko, jonka laskentaperusteena käytetään varaston keskimääräisen materiaalmäärän arvoa.

Keskimääräinen varaston suuruus ilmaistaan varaston kiertonopeudella. Korkeus annetaan erikseen, jotta voidaan korostaa tarkoituksella sidotun vaihto-omaisuuden kustannusmerkitystä.

Materiaalitoiminnan kustannukset

Materiaalitoiminnasta syntyy kustannuksia, jotka ovat suoraan osa materiaalikustannuksista.

Tuotannon suunnittelu ja hallinto

Tuotannon suunnittelulla ja hallinnolla on omat budjettipohjaiset kiinteät kustannuksensa, jotka huomioidaan myöskin yksikkökustannuksia laskettaessa.

Tilakustannukset

Tiloista aiheutuvat kustannukset saadaan laskemalla yhden työntekijän tarvitseman tilan kustannukset vuodessa ja kertomalla saatu luku työntekijöiden (välittömät ja välilliset) kokonaismäärällä. Annetaan neliöhinta.

Yksikkökustannukset

Yksikkökustannukset muodostuvat investointikustannuksista (kapasiteetti- ja rationalisointi-investoinnit), investointien korkokuluista, välittömistä ja välillisistä palkkakustannuksista, materiaalikustannuksista, kuljetuskustannuksista, vaihto-omaisuuden korkokustannuksista, materiaalitoiminnan kustannuksista, tuotannon suunnittelu- ja hallintokustannuksista, huolto- ja ylläpitokustannuksista sekä tilakustannuksista. Yksikkökustannus saadaan jakamalla eo. kustannuksien

summa myyntimäärällä.

5.3.3 Mallin toteutus

Malli toteutettiin EXCEL-taulukkolaskentaohjelmistolla. EXCEL valittiin toteutukseen sen tarjoaman valmiin käyttöliittymän, tehokkaiden laskentafunktioiden ja helppokäyttöisyyden ansiosta.

EXCEL-taulukkolaskentaohjelmisto on tarkoitettu taulukkolaskentaan ja sen käsittelemien tietojen graafiseen käsittelyyn. Käyttöliittymä on hiirikäyttöinen ja alasvedettävävalikkoinen. Näin ollen komentoja ei tarvitse muistaa ulkoa, vaan ne esiintyvät ryhmiteltyinä selkeisiin valikkoihin. Alasvedettävällä valikolla tarkoitetaan valikkoa, joka valitaan siten, että kohdistetaan kursori ryhmän ylimmän komennon kohdalle ja vedetään kursoria alaspäin näppäimen ollessa alaspainettuna. Tällöin ilmestyvät muut ryhmän komennot esiin.

Malli on laadittuna EXCEL-taulukoina (liite 1) ja niiden välisinä yhteyksinä. Ensimmäisessä taulukossa on syöttötietoja, joita käytetään toisen taulukon laskennassa hyväksi. Toisen taulukon laskennan tulokset toimivat kolmannen taulukon laskennan lähtötietoina jne. Näin muodostuu laskentamalli ja sen sovellus, joksi kutsutaan laskentamallia sisäänsyöttöarvoineen.

5.3.4 Mallin käyttökohteet

Malli on suunniteltu mahdollisimman monipuoliseksi, joten sitä voidaan soveltaa hyvin monissa tilanteissa. Kuten aikaisemmin mainittiin on malli tarkoitettu tuotantojärjestelmän suunnittelun tueksi, joten mallin sovellukset ovat luonnollisestikin suunnitteluympäristöstä. Seuraavassa käydään esimerkinomaisesti läpi muutamia

suunnittelutilanteita ja niiden erityispiirteitä, joissa mallia voidaan käyttää.

Hyvin tyyppillinen kapasiteetin lisäyskeino on vuorojen lisääminen. Siirrytään normaalista 37,5-tuntisesta työviikosta kahteen vuoroon, jolloin saadaan lähes kaksinkertainen kapasiteetti. Tällainen kapasiteetin lisäyslaskenta voidaan toteuttaa mallin sovelluksena siten, että muutetaan käytössä olevien päivän työtuntien määrää kunkin tilanteen mukaisesti.

Myös konekohtainen käyttöasteen nostaminen on mahdollista esittää mallin sovelluksena. Kun siirrytään vuoroittain, tapahtuu kapasiteetin lisäys kaikilla koneilla yhtä aikaa päin vastoin kuin konekohtaisessa kapasiteetin nostossa, jossa lisäys tapahtuu vain valituilla koneilla. Konekohtainen käyttöasteen nostaminen tulee mukaan tilanteissa, joissa yksittäiselle koneelle voidaan tehdä muutoksia tai kone voidaan vaihtaa jopa toiseksi koneeksi, jolla on erilainen kapasiteetti.

Kustannuksien tarkastelu on oleellinen osa uuden tuotteen tuotantoonottamista. Tarvitaan tietoa siitä, miten tuotteen tuotekustannukset muodostuvat, jotta voidaan vaikuttaa oikeisiin kustannuksiin suunniteltaessa ja lopullisia päätöksiä tehtäessä.

Tasapainoitettun kapasiteetin nostamisen seuraukset voidaan laskea mallin avulla hyvin nopeasti. Kyseessä on mallin kielellä ilmaistuna rationalisointi-investointi, joka vaikuttaa tasaisesti koko linjaan. Seuraamalla esimerkiksi yksikkökustannusten kehitystä saadaan selville kokonaiskapasiteetin nostamisen kannattavuus.

Herkkyystarkastelun tarkoituksena on tarkastella jonkin muuttujan muutoksen vaikutusta lopputulokseen ja välituloksiin. Tarkastelu tehdään siten, että jonkin luvun arvoa muutetaan jonkin verran ja katsotaan kuinka

paljon luvun muutos on vaikuttanut tarkastelun kohteena olevaan lukuun. Näin saadaan selville muuttujat, joiden arvojen muutoksilla on suurin merkitys.

Hajautustarkastelun tarkoituksena on selvittää mahdollisen tuotantolinjan hajauttamisen vaikutukset. Tarkastelu tehdään siten, että lasketaan arvot keskitetylle linjalle ja tehdään uudet mallit hajautettuja linjan osia varten. Laskemalla hajautetut osat yhteen saadaan selville hajautetun vaihtoehdon tunnusluvut, joita voidaan vertailla keskitetyn vastaaviin lukuihin.

6 Johtopäätökset

Diplomityötä tehtiin NOKIA:n elektroniikkatuotannon case-projektina. Projektissa saatuja kokemuksia ja esille tulleita kommentteja, johtopäätöksiä, tietoja jne. esitellään tässä luvussa, joka on samalla diplomityön tuloksien yhteenveto.

Yksi selkeä ja voimakkaasti esille tullut johtopäätös on uuden asian, tavan jne. kokema alkuhankaluus. Projektissa laadittiin uudenlainen tuotekalkyyli pohjainen laskentamalli, joka toteutettiin uudella työvälineellä. Tällainen ajattelutapa oli uutta ja tuotti näin ollen hankaluuksia. Myös kustannustiedon vaikea saatavuus (ei ollut halutussa muodossa, tarvittava teoreettinen käsitteiden tuntemus ei ollut riittävää) vaikeutti projektin etenemistä.

Mallin lopputulos ei ollut kaikilta osin riittävän tarkka (hajanaiset alkutiedot), mutta antaa kuitenkin tietoa siitä, miten eri asiat vaikuttavat tulokseen ja onko tulos suuruusluokaltaan oikea. Mallin muina etuina ovat oheistiedot, joita ovat mm. uuden suunnitellun tilanteen koneiden ja henkilöiden lukumäärät.

Laskentamalli antaa ideaalisen ja teoreettisen näkemyksen ja on aina yksinkertaistus todellisesta tilanteesta. Kyseessä on siis eräänlainen tuotantotapojen kustannusvaikutusten teoreettinen simulointi laskentamallilla. Käyttäjien esittämät kommentit käsitteistä (laajuus ja sisältö) ja käsitteiden oikeellisuudesta antavat uskoa, että malli on oikea ja riittävästi todellisuutta vastaava. On syytä muistaa, että jopa todellisessakin tilanteessa esiintyy jatkuvasti muuttuvia osia.

Malli soveltuu myös monituote- tai moniosatuote - tilanteiden ratkaisemiseen. Tällaisessa tilanteessa laskenta olettaa, että kapasiteettia voidaan hyödyntää

joustavasti kaikille tuotteille ja tuotteen osille.

Mallin sovellukset ovat monikäyttöisiä ja helposti muokattavia. Tämä piirre takaa sen, että välinettä voidaan käyttää monenlaisien tuotannollisten tilanteiden tukena. Siis todellisena päätöksenteon tukivälineenä.

Laskentamalli kehittyy koko ajan. Tätä kehitystä tapahtuu painotuksien ja tietojen tarkentuessa. Kaiken tämän mahdollistaa taulukkolaskenta, joka on ominaisuuksiltaan käyttäjäystävällinen.

Malli palvelee suunnittelun apuvälineenä jäsentäen ongelman eri tekijöihin ja mahdollistaen tekijöiden vaikutusten arvioimisen aikaisempaa paremmin. Malli takaa myös tarvittavien tekijöiden huomioimisen, estäen näin tärkeiden tekijöiden huomioimatta jättämisen. Palvelukseen parhaiten täytyy yrityksen laskentarutiineja kehittää siten, että tuotekalkyyli saa helpommin lähtötiedot.

LÄHDELUETTELO

- 1 Kurssin AUT-48.160 opetusmonisteet, Toim. Hans Andersin, Julk. Otapaino, Espoo 1987
- 2 SAIRANEN, JARKKO, Investointien hallinta kehittyvässä tuotantoympäristössä, Diplomityö, TKK kone-tekniikan osasto, Espoo 1988
- 3 Computer Integrated Manufacturing - Proceedings of the 3rd CIM Europe Conference, Toim. P. MacConaill ja K. Rathmill, Julk. IFS Ltd ja Springer Verlag, Berliini - Heidelberg - New York - Lontoo - Tokio - Pariisi 1987
- 4 Requirements Analysis for Manufacturing Systems - RAMS, Julk. Digital Equipment Corporation, 1987
- 5 INGMAN, JYRKI, Tuotantojärjestelmän kuvausmenetelmät suunnittelun apuvälineenä kappaletavarateollisuudessa, Diplomityö, TKK konetekniikan osasto, Espoo 1989
- 6 CIE3000 esitemateriaali, Julk. Wizdom Systems Inc.
- 7 Two-day International Workshop on Economic Evaluation of Investment Toward CIM - Proceedings, Julk. ESPRIT Project 909, Leuven 1989
- 8 UUSI-RAUVA, ERKKI, Tuotekohtaisen kustannuslaskennan kehittäminen modernissa tuotantolaitoksessa, Mänttä 1989

TUOTANTO-OHJELMA

1991	1992	1993	1994	1995	1996
10000	20000	50000	75000	75000	75000

Tuotanto-ohjelma kappalemäärinä kullekin vuodelle.

1991	1992	1993	1994	1995	1996
10000	20000	50000	75000	75000	75000

Myynti kappalemäärinä vuosina 1991-1996.

KAPASITEETTIYKSIKÖIDEN INVESTOINTIKULUT

Yksikkö	Investointikululu
Esikäsitely	55000
Koneladonta	6500000
Käsiladonta	25000
Aaltojuotos	700000
Jälkityöt	15000
Piirikortin testaus	450000
Piirikortin korjaus	55000
Mekanikan esikäsitely	220000
Kokoonpano	120000
Testaus	140000
Korjaus	45000
Pakkaus	70000

Esimerkki

TYÖNVAIHETARVE konetyö

(minuuttina)

TYÖVAIHE	TUOTE 1
Esikäsittely	4,00
Koneladonta	2,00
Käsiladonta	5,00
Aaltojuotos	0,80
Jälkityöt	12,00
Piirikortin testaus	5,00
Piirikortin korjaus	6,00
Mekaanikan esikäs	4,00
Kokoonpano	8,00
Testaus	8,00
Korjaus	2,00
Pakkaus	3,00

YHTEENSÄ

4,00
2,00
5,00
0,80
12,00
5,00
6,00
4,00
8,00
8,00
2,00
3,00

Työnvaihetarve minuuttina.

TYÖNVAIHETARVE henkilötö

TYÖVAIHE	TUOTE 1	YHTEENSÄ
Esikästittely	4,00	4,00
Koneladonta	8,00	8,00
Käsiladonta	10,00	10,00
Aaltojuotos	0,80	0,80
Jälkityöt	12,00	12,00
Piirikortin testaus	5,00	5,00
Piirikortin korjaus	12,00	12,00
Mekaniikan esikäs	4,00	4,00
Kokoonpano	24,00	24,00
Testaus	8,00	8,00
Korjaus	2,00	2,00
Pakkaus	6,00	6,00

TYÖNVAIHEIDEN KAPASITEETTITARVE

(tuntia vuodessa)

Tarve s / Käyttöaste	1991 K	1991 H	1992 K	1992 H	1993 K	1993 H	1994 K	1994 H	1995 K	1995 H	1996 K	1996 H
Esikäsittely	667	667	1333	1333	3333	3333	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Koneladonta	333	1333	667	2667	1667	6667	2500	10000	2500	10000	2500	10000
Käsiladonta	833	1667	1667	3333	4167	8333	6250	12500	6250	12500	6250	12500
Aaltojuotos	133	133	267	267	667	667	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Jälkityöt	2000	2000	4000	4000	10000	10000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Piirikortin testaus	833	833	1667	1667	4167	4167	6250	6250	6250	6250	6250	6250
Piirikortin korjaus	1000	2000	2000	4000	5000	10000	7500	15000	7500	15000	7500	15000
Mekaniikan esikäs	667	667	1333	1333	3333	3333	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Kokoonpano	1333	4000	2667	8000	6667	20000	10000	30000	10000	30000	10000	30000
Testaus	1333	1333	2667	2667	6667	6667	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Korjaus	333	333	667	667	1667	1667	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Pakkaus	500	1000	1000	2000	2500	5000	3750	7500	3750	7500	3750	7500

Kapasiteettitarve ilmoit an tunteina kunkin työvaiheen osa vuosina 1991-1996

Tarve saadaan kertomalla työvaiheen työvaihetarve tuotanto-ohjelman ilmoittamalla kap-
palemäärällä.

KAPASITEETIN KÄYTTÖASTE konetyö

	1991 K	1991 H	1992 K	1992 H	1993 K	1993 H	1994 K	1994 H	1995 K	1995 H	1996 K	1996 H
Käyttöaste	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Esikäsitteily	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Koneladonta	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Käsiladonta	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Aaltojuotos	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Jälkityöt	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Piirikortin testaus	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Piirikortin korjaus	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Mekaniikan esikä	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Kokoonpano	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Testaus	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Korjaus	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Pakkaus	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1

V2.1/Esimerkki
KAPASITEETIN YKSIKKÖTARVE

Tarve kpl	1991 K	1991 H	1992 K	1992 H	1993 K	1993 H	1994 K	1994 H	1995 K	1995 H	1996 K	1996 H
Esikäsitteily	1	0,27	1	0,54	2	1,35	3	2,03	3	2,03	3	2,03
Koneladonta	1	0,54	1	1,08	1	2,71	2	4,06	2	4,06	2	4,06
Käsiladonta	1	0,68	1	1,35	2	3,38	3	5,07	3	5,07	3	5,07
Aaltojuotos	1	0,13	1	0,25	1	0,63	1	0,95	1	0,95	1	0,95
Jälkityöt	1	0,81	2	1,62	5	4,06	7	6,09	7	6,09	7	6,09
Piirikortin testaus	1	0,34	1	0,68	2	1,69	3	2,54	3	2,54	3	2,54
Piirikortin korjaus	1	0,81	1	1,62	3	4,06	4	6,09	4	6,09	4	6,09
Mekaniikan esikä	1	0,27	1	0,54	2	1,35	3	2,03	3	2,03	3	2,03
Kokoonpano	1	1,62	2	3,25	3	8,12	5	12,18	5	12,18	5	12,18
Testaus	1	0,54	2	1,08	3	2,71	5	4,06	5	4,06	5	4,06
Korjaus	1	0,14	1	0,27	1	0,68	2	1,01	2	1,01	2	1,01
Pakkaus	1	0,41	1	0,81	2	2,03	2	3,04	2	3,04	2	2,13

Työntekijöitä/vuoro	7,00	14,00	33,00	50,00	50,00	49,00
Työntekijöitä yht.	14,00	28,00	66,00	100,00	100,00	98,00

Yksikkötarve ilmoitetaan kappalemäärinä kunkin työnvaiheen osalta vuosina 1991-1996.
Tarve saadaan jakamalla kapasiteettitarve käytettävissä olevilla tunneilla per vuosi
sekä ottamalla huomioon käyttöasteet

RATIONALISOINTI-INVESTOINTI (käyttöasteen nosto):

	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Investointi mk	0	0	0	0	0	0
Saavutus min	0	0	0	0	0	0
Uusi tilanne h	16	16	16	16	16	16

RATIONALISOINTI-INVESTOINTI (henkilötyön säästö):

	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Investointi mk	0	0	0	0	0	0
Henkilösäästö	0	0	0	0	0	0
Uusi henkilömäärä	7	14	33	50	50	49

KAPASITEETIN LISÄYSTARVE

Tarve kpl	1991 K	1991 H	1992 K	1992 H	1993 K	1993 H	1994 K	1994 H	1995 K	1995 H	1996 K	1996 H
Esikäsitteily	1	0,27	0	0,27	1	0,81	1	0,68	0	0,00	0	0,00
Koneladonta	1	0,54	0	0,54	0	1,62	1	1,35	0	0,00	0	0,00
Käsiladonta	1	0,68	0	0,68	1	2,03	1	1,69	0	0,00	0	0,00
Aaltojuotos	1	0,13	0	0,13	0	0,38	0	0,32	0	0,00	0	0,00
Jälkityöt	1	0,81	1	0,81	3	2,44	2	2,03	0	0,00	0	0,00
Piirikortin test.	1	0,34	0	0,00	1	1,01	1	0,85	0	0,00	0	0,00
Piirikortin korj.	1	0,81	0	0,81	2	2,44	1	2,03	0	0,00	0	0,00
Mekaniikan esik	1	0,27	0	0,27	1	0,81	1	0,68	0	0,00	0	0,00
Kokoonpano	1	1,62	1	1,62	1	4,87	2	4,06	0	0,00	0	0,00
Testaus	1	0,54	1	0,54	1	1,62	2	1,35	0	0,00	0	0,00
Korjaus	1	0,14	0	0,14	0	0,41	1	0,34	0	0,00	0	0,00
Pakkaus	1	0,41	0	0,41	1	1,22	0	1,01	0	0,00	0	-0,91

Kapasiteetin lisäystarve ilmoittaa kuinka monta yksikköä tarvitaan lisää, jotta aikaisemmin investoitujen lisäksi saavutettaisiin kunkin vuoden kapasiteetin yksikkötarve.

INVESTOINTIKULUT

	Investointipääoman k			12,00%	Kiinteä po	
	1991 K	1992 K	1993 K	1994 K	1995 K	1996 K
Kulut mk	55000	0	55000	55000	0	0
Esikäsitelly	6500000	0	0	6500000	0	0
Koneladonta	25000	0	25000	25000	0	0
Käsiladonta	700000	0	0	0	0	0
Aaltojuotos	15000	15000	45000	30000	0	0
Jälkityöt	450000	0	450000	450000	0	0
Piirikortin testaus	55000	0	110000	55000	0	0
Piirikortin korjaus	220000	0	220000	220000	0	0
Mekaniikan esikäs	120000	120000	120000	240000	0	0
Kokoonpano	140000	140000	140000	280000	0	0
Testaus	45000	0	0	45000	0	0
Korjaus	70000	0	70000	0	0	0
Pakkaus						

YHTEENSÄ	8395000	275000	1235000	7900000	0	0
Käyttöasteen nosto	0	0	0	0	0	0
Henkilötyön säästö						
YHTEENSÄ	8395000	275000	1235000	7900000	0	0

Poisto	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Vuodelta 1991	1679000	1679000	1679000	1679000	1679000	0
Vuodelta 1992	0	55000	55000	55000	55000	55000
Vuodelta 1993	0	0	247000	247000	247000	247000
Vuodelta 1994	0	0	0	1580000	1580000	1580000
Vuodelta 1995	0	0	0	0	0	0
Vuodelta 1996	0	0	0	0	0	0
YHTEENSÄ	1679000	1734000	1981000	3561000	3561000	1882000

Investoinnit kumul	8395000	8670000	9905000	17805000	17805000	17805000
Poistot kumulat.	1679000	3413000	5394000	8955000	12516000	14398000
Poistamaton invest	6716000	5257000	4511000	8850000	5289000	3407000
Korko	805920	630840	541320	1062000	634680	408840

- investointikulu	1679000	5,63%	1734000	3,47%	1981000	2,06%	3561000	2,57%	3561000	2,56%	1882000
- investoinnin korko	805920	2,70%	630840	1,26%	541320	0,56%	1062000	0,77%	634680	0,46%	408840
- materiaali	18000000	60,40%	34000000	68,10%	70000000	72,68%	100500000	72,48%	100500000	72,16%	100500000
- kuljetus	100000	0,36%	199998	0,41%	499988	0,53%	749972	0,56%	749972	0,55%	749972
- työkustannus, välitön	1478400	4,96%	3252480	6,51%	8433216	8,76%	14055360	10,14%	15460896	11,10%	16666846
- työkustannus, välillinen	280000	0,94%	560000	1,12%	1320000	1,37%	2000000	1,44%	2000000	1,44%	1960000
- huolto- ja ylläpitokustannukset	671600	2,25%	525700	1,05%	451100	0,47%	885000	0,64%	528900	0,38%	340700
- vaihto-omaisuuden korko	495000	1,66%	935000	1,87%	1925000	2,00%	2211000	1,59%	2211000	1,59%	1842500
- materiaalitoinnin kulut	1800000	6,04%	3400000	6,81%	7000000	7,27%	10050000	7,25%	10050000	7,22%	10050000
- tuotantotekniikan suunnittelukulut	3000000	10,07%	3000000	6,01%	2000000	2,08%	1000000	0,72%	1000000	0,72%	500000
- hallintokulut	1000000	3,36%	1000000	2,00%	1000000	1,04%	1000000	0,72%	1000000	0,72%	1000000
- tilat	489600	1,64%	691200	1,38%	1166400	1,21%	1584000	1,14%	1584000	1,14%	1519200
Myyntivolyymi	10000		20000		50000		75000		75000		75000
Yksikkökustannus mk/yksikkö	2979,95		2496,46		1926,36		1848,78		1857,07		1832,27

Välittömien työkustannusten trendi mk/h	60	66	72,6	79,86	87,846	96,6306
---	----	----	------	-------	--------	---------

Huolto- ja ylläpitokustannukset	10,00%	-5E-09
Kuljetuskustannukset	10	
Pääoman korko	11,00%	
Vaihto-omaisuuden korko	11,00%	
Välikäsen työntekijän hinta mk/v	200000	
Välikäsen työntekijöiden lkm/ 1 välilline	10	
Välikäsen työn hinta mk/h	60	10,00%

1991	1992	1993	1994	1995	1996
13	14	15	16	17	18

Materiaalitoiminnan kulut = 10,00% materiaalikuluista

Tilakulut 60 mk/m2kk 20 m2/hlö *

(Lukuparina kpl, mk / yks)

1	2500
10000	1800
20000	1700
30000	1600
40000	1550
50000	1400
60000	1370
70000	1340
80000	1310
90000	1290
100000	1270
110000	1250
120000	1230
130000	1210
140000	1190
150000	1170
160000	1160
170000	1150
180000	1140
190000	1130
200000	1120
210000	1110
220000	1000
230000	990
240000	985
250000	980
260000	975
270000	970
280000	965
290000	960

Materiaalikulut / yks lukumäärän peruste